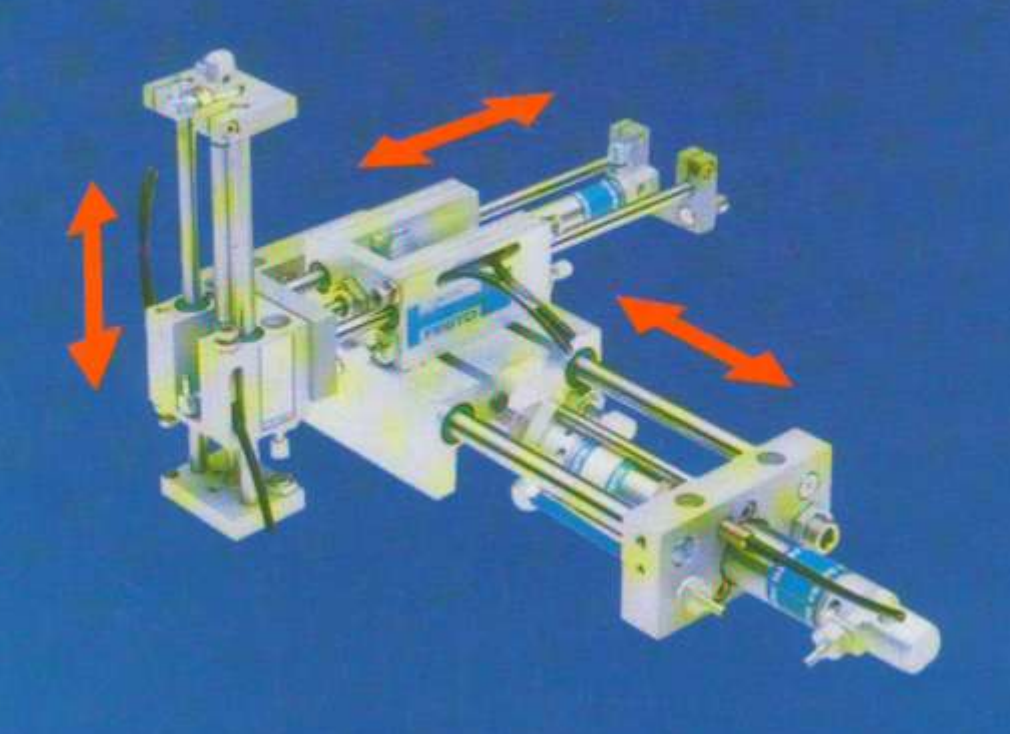
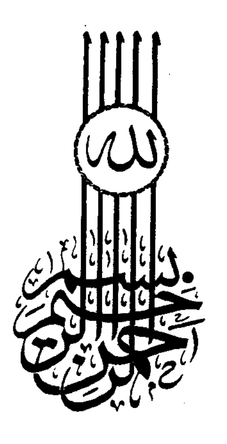
سلسلة التحكم العملية - ٣

التحكم النيوماتيكى وتطبيقاته



المهندس أحمد عبد المتعال

التحكم النيوماتيكى
وتطبيقـاتـه



سلسلة التحكم العملية

(٣)

التحكم النيوماتيكى

وتطبيقاته

إعــداد

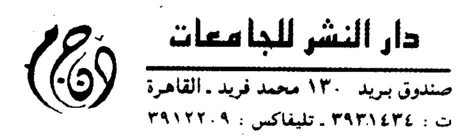
المهندس / أحمد عبدالمتعال

الطبعة الأولى

١٤١٧ هـ - ١٩٩٦م

رقم الإيداع ١١٣١٩ / ٩٦

I.S.B.N.
977 - 5526 - 48 - 5



بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنى أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ التى أَنْعَمْتَ عَلَىَّ وَعَلَى وَالِدَىَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحاً تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِى فِى ذُرِّيَّتِى إِنِّى تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّى مِنَ الْمُسْلِمِين ﴾

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر للدكتور طاهر جمال الدين أبو اليزيد أستاذ التحكم الآلى المساعد بكلية الهندسة جامعة عين شمس بقسم التصميم وهندسة الإنتاج على تعاونه الصادق البناء ، كما أتقدم بخالص الشكر لكل من ساهم معنا فى إعداد هذا الكتاب ، راجياً المولى العلى القدير أن يثيبهم على حسن عملهم وجزاهم الله خيراً .



مقدمة

عزيزى القارئ

إليك الكتاب الثالث من سلسلة التحكم العملية ، وهو (التحكم النيوماتيكى وتطبيقاته) . وذلك إيفاءً لوعدى لك فى بداية السلسلة بعرض أنظمة التحكم المختلفة بصورة عملية إن شاء الله .

ولقد حرصت فى هذا الكتاب أن أحافظ على نفس المسار الذى اتبعته فى الكتب السابقة ، ألا وهو التمهيد للقارئ المبتدئ ، وتدريب القارئ الفنى ، وإشباع القارئ المتخصص .

وبدأت هذا الكتاب بباب عن إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة ، ثم بباب عن عناصر التحكم النيوماتيكى ، ثم اتبعت ذلك بباب عن الدوائر النيوماتيكية الأساسية ثم تطبيقات على التحكم النيوماتيكى .

ولم يفتنى أن أتعرض للصيانة الوقائية واكتشاف الأعطال فى الأنظمة النيوماتيكية ، ثم أنهيت الكتاب بباب عن الحسابات النيوماتيكية اللازمة لاختيار العناصر النيوماتيكية من كتالوجات الشركات المصنعة .

وأخيراً أرجو من الله أن ينفعنى وإياكم بالعلم النافع ، وأن يوفقنى لما يعود بالنفع على الأمة العربية ، للحاق بركب التكنولوجيا الحديثة فى التحكم .

المؤلف

محتويات الكتاب

الباب الأول

إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة

الباب الثانى

عناصر التحكم الهوائى

الباب الثالث

الدوائر الأساسية النيوماتيكية

الباب الرابع

تطبيقات على التحكم النيوماتيكى

الباب الخامس

الصيانة الوقائية واكتشاف الأعطال

الباب السادس
الحسابات النيوماتيكية

الباب الأول

إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة

١ ـ ١ مقدمة :

إن كلمة نيوماتيك مشتقة من الكلمة الإغريقية Pneuma والتى تعنى (هواءـ رياح ـ تنفس) ، وهى تعرف بأنها علم هندسى يهتم بالهواء المضغوط وتدفقه.

واستخدام الهواء المضغوط ليس بالجديد ، ولكن الجديد هو استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ففى الفترة مابين (1950 : 1940) ميلادية ، ونتيجة للتقدم الكبير فى صناعة اللدائن الصناعية أنتجت مواسير بلاستيك رقيقة ومتينة، وبأحجام صغيرة ، بالإضافة إلى إنتاج الصمامات الاتجاهية ذات الأحجام الصغيرة مما حث الشركات على استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ولكن فى هذه الفترة كانت دوائر التحكم النيوماتيكية تحتاج لمجهود شاق عند التنفيذ ، حيث كان كل عنصر من عناصر الدائرة يثبت منفرداً . وإذا لم ينفذ نظام التحكم بدقة متناهية أصبح كابوساً معتماً بالنسبة للفنيين نتيجة للوصلات الكثيرة والمحيرة . لذا كان التحكم الهوائى (النيوماتيكى) محدود فى الصناعة لندرة الفنيين المدربين على ذلك آنذاك .

وفى منتصف عام 1960 ميلادية تقدمت صناعة صمامات التحكم واستخدمت الصمامات المنطقية فى الدوائر الهوائية . وكانت هذه الصمامات بالمواصفات الفنية التالية :

١ ـ صغيرة الحجم .

٢ ـ جميع فتحات التوصيل توجد أسفل الصمام .

٣ ـ استخدمت أرقام معبرة عن الوظيفة لترقيم مداخل ومخارج الصمامات.

٤ ـ تعمل هذه الصمامات فى مدى كبير للضغط .

٥ ـ يصل عمر التشغيل لهذه الصمامات إلى 100 - 5 مليون دورة تشغيل.

ويضاف على ذلك ظهور الوصلات السريعة التى تجعل عملية التوصيل تتم فى لحظات ، وكذلك ظهور بعض العناصر لكتم الصوت المزعج عند خروج الهواء الفائض من الصمامات . الأمر الذى أدى إلى تسهيل التركيب وتقليل تكلفة الدوائر الهوائية عن ذى قبل . وحينئذ يمكن القول بأن استخدامات الهواء المضغوط فى تزايد مستمر . فبالإضافة إلى انتشار الهواء المضغوط فى جميع ميادين التحكم فى الصناعة ، فهو يستخدم فى تشغيل آلات الورش ، وأعمال التعدين ، وإنشاء وإصلاح الطرق ... إلخ ، وذلك لعدة أسباب أهمها :

١ ـ عدم تواجد التيار الكهربى فى أماكن استخدام هذه الآلات .

٢ ـ سهولة حمل هذه الآلات .

٣ ـ متانة الآلات العاملة بالهواء المضغوط وسهولة صيانتها .

٤ ـ تصميم هذه الآلات للعمل فى الظروف الصعبة حيث الأتربة والماء .. إلخ .

٥ ـ لا يتعرض العاملون بهذه الآلات لصدمة كهربية كما هو الحال فى الآلات العاملة بالتيار الكهربى .

٦ ـ لا يخشى على هذه الآلات من الأحمال المفرطة .

١ ـ ٢ مميزات وعيوب التحكم بالهواء المضغوط :

أولاً : المميزات :

١ ـ الهواء بلا مقابل ويمكن الحصول عليه فى أى مكان وبأى كمية مطلوبة .

٢ ـ يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الخطوط الهوائية لمسافات بعيدة .

٣ ـ لا نحتاج للتخلص من بقايا الهواءالمضغوط ، حيث يمكن تسربها للجو بعد الانتهاء من العمل به .

٤ ـ الهواء غير حاس للتغير فى درجة الحرارة ، ولذلك يمكن استخدامه فى التحكم عند أى ظروف مناخية .

٥ ـ يفضل استخدامه فى الأماكن المعرضة للانفجارات والتى تحتوى على غازات متطايرة قابلة للاشتعال عن التحكم بالكهرباء لعدم احتمال حدوث أى شرارة .

٦ ـ الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط لا يخشى عليها من الأحمال المفرطة بعكس الآلات التى تعمل بالتيار الكهربى .

٧ ـ الهواء المضغوط نظيف ، ولذلك يمكن استخدام الهواء المضغوط فى الصناعات التى تحتاج إلى نظافة خاصة مثل الصناعات الغذائية ، وصناعة الغزل والنسيج .. إلخ .

ثانيا : العيوب :

١ـ ارتفاع تكلفة إنشاء وتشغيل وصيانة وحدات توليد وتجفيف الهواء المضغوط .

٢ ـ يلزم استخدام أحجام كبيرة للأسطوانات للحصول على قوى كبيرة ، وذلك لأنه يفضل عدم زيادة ضغط الهواء المضغوط عن 7 bar لتقليل التكلفة.

٣ ـ نظراً لقابلية الهواء للانضغاط لا يمكن الوصول إلى سرعات ثابتة لعناصر الفعل (أسطوانات ومحركات هوائية) عند تغير الأحمال .

١ ـ ٣ مصطلحات فنية Technical Expressions :

أ ـ الضغط Pressure :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة أى أن

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

وهناك ثلاثة أنواع من الضغوط هى :

١ ـ الضغط الجوى Atmospheric Pressure :

وهو ضغط الهواء على سطح البحر ويساوى بالنظام العالمى (Kg/cm^2) 1.02 bar وبالنظام الإنجليزى ($lb/Inch^2$) 14.7 Psi انظر ملحق ـ ١ .

٢ ـ الضغط المقاس Gauge Pressure :

وهو ضغط أى حيز من الهواء منسوباً للضغط الجوى .

٣ ـ الضغط المطلق Absolute Pressure :

وهو ضغط أى حيز من الهواءمنسوباً إلى ضغط الفراغ . أى الحيز المفرغ من الهواء وهذا الضغط يساوى o bar أو 0 psi .

أى أن الضغط المطلق = الضغط المقاس + الضغط الجوى .

وعادة فإن أجهزة قياس الضغط المستخدمة تقيس الضغط كضغط مقاس ، أى منسوباً للضغط الجوى . والشكل ١ ـ ١ يبين العلاقة بين الضغوط الثلاثة السابقة .

ب ـ درجة الحرارة Temperature :

هناك عدة تعبيرات معروفة لدرجة الحرارة وهى :

١ ـ درجة الحرارة المحيطة Ambient temprature :

وهى درجة حرارة الوسط المحيط التى تعمل فيه الآلات المختلفة ، وتقاس بالدرجة المئوية $^\circ C$ ، أو الكلفن $^\circ K$ أو بالفهرنهايت $^\circ F$. والعلاقة بينهم كالآتى :

ضغط حيز به هواء مضغوط

الضغط المطلق

الضغط المقاس

ضغط الهواء الجوى

1.02BAR

ضغط صفر

0 BAR

الشكل ١ ـ ١

$$^\circ K = 273 + ^\circ C$$

$$^\circ F = 1.8\, ^\circ C + 32$$

٢ ـ درجة الحرارة المطلقة Absolute temprature :

وهى درجة حرارة الأشياء المختلفة منسوبة للصفر المطلق والذى يساوى $0\ K$ أو $- 273\ ^\circ C$

جـ ـ قانون بويل للغازات :

يتناسب الضغط لأى كتلة من الغاز تناسباً عكسياً مع الحجم عند ثبات

درجة الحرارة ، ويمكن وضع هذا القانون فى الصورة الآتية :

$PV =$ ثابت

حيث إن P هو الضغط ، V هو حجم الغاز .

د ـ قانون شارلز للغازات :

يتناسب حجم أى كتلة من الغاز تناسباً طردياً مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط ، ويمكن وضع هذا القانون فى الصورة التالية :

$\frac{V}{T} =$ ثابت

حيث إن V هو الحجم ، T هى درجة الحرارة .

هـ ـ الرطوبة Humidity :

الرطوبة لفظ يطلق على بخار الماء الموجود فى الهواء ، وهناك عدة تعبيرات تتعلق بالرطوبة وهى :

١ ـ الهواء المشبع Saturated air :

وهو الهواء الغير قادر على حمل وزن إضافى من بخار الماء عند نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة ، علماً بأن وزن بخار الماء اللازم لتشبع الهواء يزداد كلما ازدادت درجة حرارته والعكس بالعكس .

٢ ـ الرطوبة المطلقة Absolute Humidity :

وهى وزن بخار الماء بالجرام الموجود فى المتر المكعب من الهواء عند درجة حرارة معينة .

٣ ـ الرطوبة النسبية Relative Humidity :

وهى النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء الجوى عند درجة حرارة معينة

وضغط معين ووزن بخار الماء اللازم لتشبع المتر مكعب من الهواء الجوى عند نفس الظروف .

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة المطلقة عند ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة}}{\text{وزن بخار الماء اللازم لتشبع متر مكعب من الهواء عند نفس الظروف .}}$$

وعادة تعطى الرطوبة النسبية كنسبة مئوية بضرب ناتج العلاقة السابقة فى العدد 100 .

٤ ـ التكاثف Condensation :

يتكاثف بخار الماء الموجود فى الهواء كلما انخفضت درجة حرارته .

٥ ـ الهواء الجاف Dry Air :

وهو الهواء الخالى من الرطوبة تماماً ، ويقال فى هذه الحالة أن هذا الهواء له رطوبة مطلقة تساوى صفراً ، وكذلك رطوبة نسبية تساوى صفراً .

و ـ معدل التدفق الحجمى Volumetric Flow Rate :

يعرف تدفق الغازات بأنه حجم الغاز المار فى وحدة الزمن داخل حيز معين . وتستخدم الوحدات التالية لقياس التدفق ، وهى المتر المكعب لكل ثانية (m^3/sec) ، أو وحدة اللتر لكل ثانية (L/sec) ، أو وحدة القدم المكعب لكل دقيقة CFM (Ft^3/min) .

١ ـ ٤ الضواغط الهوائية Air Compressors :

يعتبر الضاغط الهوائى هو القلب النابض لأى نظام تحكم هوائى ، ويقوم الضاغط بتوليد الهواء المضغوط اللازم فى عمليات التحكم الهوائية حيث يدخل الهواء الجوى من خط السحب للضاغط بالضغط الجوى ، ويساوى تقريباً (1 bar) . ويخرج الهواء المضغوط المستخدم فى التحكم الهوائى من خط

الطرد للضاغط بضغوط تتراوح مابين 5 : 10 bar . ويستخدم الهواء المضغوط فى تشغيل عناصر الفعل الهوائية مثل : الأسطوانات والمحركات الهوائية الموجودة فى الماكينات المختلفة ، وعادة تدار الضواغط الهوائية إما بمحركات كهربائية أو آلات احتراق داخلى ، أو توربينات غازية ، وتنقسم الضواغط الهوائية حسب نظرية عملها إلى :

١ ـ ضواغط الإزاحة الموجبة Positive Displacement Compressors :

ومبدأ عمل هذه الضواغط هو زيادة الضغط نتيجة لنقصان حجم معين للهواء ، وأهم هذه الضواغط :

أ ـ الضواغط الترددية Reciprocating Compressors .

ب ـ الضواغط الدوارة Rotary Compressors .

وهناك أنواع كثر من الضواغط الدوارة أهمها : الضواغط الريشية Vane Compressors.

٢ ـ الضواغط الديناميكية Dynamic Compressors: وتقوم هذه الضواغط بزيادة الضغط نتيجة لتحويل طاقة الحركة للهواء إلى طاقة ضغط ، وذلك عند مرور الهواء بداخلها ، حيث تحتوى على قرص مثبت به مجموعة من الزعانف بأشكال مختلفة ، ويسمى هذا القرص Impeller . وهناك عدة أنواع لهذه الضواغط مثل :

أ ـ الضاغط ذات التدفق القطرى Radial Flow Comp.

ب ـ الضاغط ذات التدفق المحورى Axial Flow Comp.

جـ ـ الضاغط ذات التدفق المختلط Mixed Flow Comp.

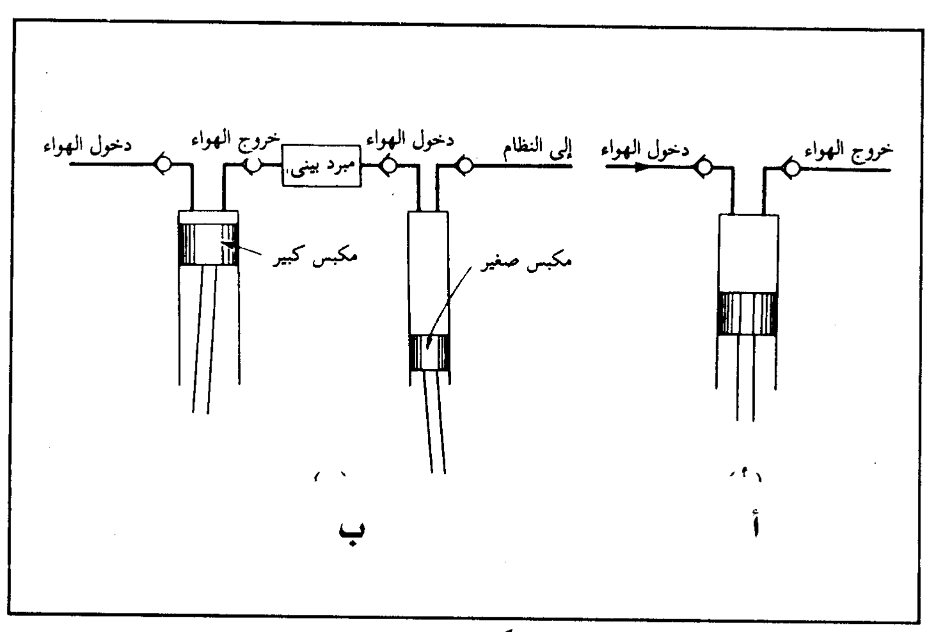
وسوف نكتفى فى هذا الكتاب بإلقاء الضوء على ضواغط الإزاحة الموجبة فقط .

١ ـ ٤ ـ ١ الضواغط الترددية Reciprocating Compressors :

يتكون الضاغط الترددى من أسطوانة أو أكثر ، وتحتوى كل أسطوانة على مكبس يتحرك حركة ترددية لسحب الهواء الجوى ، ثم ضغطه بالضغط المطلوب ، وتحتوى كل أسطوانة فى قاعدتها على صمامين ، **أحدهما** : يسمى صمام السحب ، حيث يفتح فى شوط السحب للمكبس لدخول الهواء الجوى، **والثانى**: يسمى صمام الضغط ، حيث يفتح فى شوط الضغط لخروج الهواء المضغوط . وتوجد بعض الضواغط الترددية ذات مرحلة واحدة ، حيث يتم ضغط الهواء الجوى بداخل أسطوانة واحدة ، وهناك أنواع أخرى من الضواغط الترددية بمرحلتين ، أى يتم ضغط الهواء الجوى فى أسطوانة ويزاد ضغط الهواء المضغوط فى الأسطوانة الأولى بضغطه ثانية فى أسطوانة ثانية ، علماً بأن الهواء المضغوط فى الأسطوانة الأولى يتم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوى بواسطة مبرد بينى Intercoller قبل دخوله الأسطوانة الثانية .

وهناك ضواغط ترددية تصل عدد مراحلها إلى ثلاث أو أربع مراحل ... إلخ. وفى الشكل ١ ـ ٢ رسومات توضيحية مبسطة لضاغط ترددى بمرحلة واحدة (الشكل أ) ، وضاغط ترددى بمرحلتين (الشكل ب) .

ملاحظة : حجم الإسطوانات فى الضواغط الترددية متعددة المراحل يتناقص بارتفاع رتبة المرحلة ، فمثلاً الضاغط الترددى ذى المرحلتين يكون حجم أسطوانة المرحلة الثانيـة له أصغر من حجم أسطوانة المرحلة الأولى ، وذلك لنقصان حجم الهواء المضغوط (ارجع لقانون بويل الفقرة ١ ـ ٣) .



الشكل ١ ـ ٢

١ ـ ٤ ـ ٢ الضواغط الدوارة الريشية Vane Compressors :

تتكون الضواغط الدوارة ذات الريش المنزلقة . من عضو دوار ، وهو عبارة عن أسطوانة تحتوى على مجارى ، ويثبت بداخل كل مجرة ريشة معدنية أسفلها باى دفع ، أما العضو الثابت للضاغط الدوار فهو أسطوانة مفرغة تحتوى على فتحتين جانبيتين وهما : فتحة سحب وفتحة طرد ، علماً بأن دوران العضو الدوار لا مركزى ، حيث يوجد إزاحة بين محور العضو الثابت والعضو الدوار ، وعند دوران العضو

الشكل ١ ـ ٣

الدوار ينشأ منطقة لسحب الهواء أمام فتحة السحب ، ومنطقة لضغط الهواء أمام فتحة الطرد . والشكل ١ ـ ٣ يعرض رسما مبسطاً لضاغط دوار . ويوجد ضواغط ريشية بمرحلتين ، حيث تثبت المرحلتين على نفس محور الدوران ، ويبرد الهواء المضغوط الناتج من المرحلة الأولى بمبرد بينى تماماً كما هو الحال فى الضواغط الترددية .

١ ـ ٤ ـ ٣ مقارنة بين الأنواع المختلفة للضواغط :

والجدول ١ ـ ١ يعقد مقارنة بين التكلفة المبدئية والكفاءة ومستوى الضوضاء للأنواع المختلفة للضواغط :

الجدول ١ – ١

النوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوى الضوضاء	ملاحظات
ترددى	متوسط لمنخفض	عالية	عالٍ جداً	تختار بسعات لا تزيد عن 100m3/min وضغط لا يزيد عن 7 Bar
ريشية	متوسط لمنخفض	أقل قليلاً من كفاءة الضواغط	منخفض خصوصاً الأنواع التى تبرد بالماء	يفضل استخدامها فى الضغوط التى تزيد عن 7 bar ، والسعات التى لا تزيد عن $100m^3$ / min وتتراوح سرعتها من 250 : 3500 / rpm وتعتمد على الحجم .
الطارد المركزى centrifugal	عالية	منخفض عند الأحجام الأقل من $170m^3/min$ وعالية عند السعات الأعلى من $200m^3$ / min .	يمكن أن يقل باستخدام أنظمة تخميد الضوضاء.	يفضل استخدامها عند سعات أعلى من $200m^3$ / min وتصل سعاتها إلى 300m3 / min ، وسرعتها تصل إلى 25000/ r p.m .

تابع الجدول ١ - ١

النوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوى الضوضاء	ملاحظات
المحورية Axial	عالية	عالية	يمكن أن تقل باستخدام أنظمة تخميد الضوضاء	يفضل استخدامها عن سعات أعلى من 280 m 3 / min .

حيث إن :

التكلفة المبدئية : هى تكلفة إنشاء وحدة توليد الهواء المضغط والذى يعتبر الضاغط أحد عناصر هذه الوحدة .

الكفاءة الحجمية للضاغط :

وتساوى ($\eta_V = \frac{\text{السعة الفعلية للضاغط}}{\text{إزاحة المكبس}} \times 100$)

لمعرفة المزيد انظر الفقرة (٦ ـ ١) .

مستوى الضوضاء : وهو ضغط الصوت على بعد 1 m من الضاغط ويقاس بوحدة الديس بل (dB) .

والجدول ١ ـ ٢ يعرض مقارنة بين تكلفة الإدارة والتركيب والصيانة والتكلفة المبدئية للأنواع المختلفة للضواغط :

وجه المقارنة	الترددى	الريشية	الطارد المركزى	المحورى
التكلفة المبدئية	متوسط	منخفض جداً	متوسط	أقل من الترددى
تكلفة التركيب	عالية جداً	منخفضة جداً	منخفضة	منخفضة
تكلفة الإدارة	عالية	منخفضة جداً	الأقل تكلفة	منخفضة
تكلفة الصيانة	متوسطة	عالية	منخفضة	منخفضة

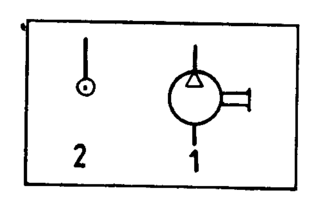
وعادة يكون عمر الضاغط حوالى 10 سنوات إذا كان يعمل باستمرار وعمره 10000 ساعة تشغيل إذا كان يعمل ويتوقف بعدد مرات لايزيد عن 15 مرة فى الساعة وله زمن تشغيل لا يزيد عن نصف ساعة كل ساعة .

ويفضل استخدام أكثر من ضاغط بسعات منخفضة عن استخدام ضاغط واحد بسعة كبيرة فى المنشآت التى تحتوى على أحمال نيوماتيكية كثيرة لتفادى تعطل النظام بأكمله إذا تعطل الضاغط .

وفيما يلى رمز كلا من الضاغط ومصدر الضغط تبعاً للنظام العالمى المعمول به من قبل المنظمة العالمية للمواصفات

(International Organization of Standardization) ISO

حيث إن الرمز 1 الضاغط هواء والرمز 2 لمصدر الضغط .



١ ـ ٥ تجفيف الهواء المضغوط

للحفاظ على سلامة العناصر العاملة بالهواء المضغوط يجب تجفيف الهواء المضغوط من الرطوبة ، بحيث لا يزيد المحتوى المائى عن $0.001\ g/m^3$ ، ويتم تجفيف الهواء المضغوط بخفض درجة حرارته (ارجع للفقرة ١ ـ ٣ هـ).

وهناك عدة طرق لتجفيف الهواء المضغوط أهمها :

أ ـ المبرد البينى inter cooller :

ويوجد هذا المبرد بين المراحل المختلفة للضواغط ، وهو بداخل الضاغط كما هو موضح بالشكل ١ ـ ٢ ب .

ب ـ خزان الهواء Air receiver :

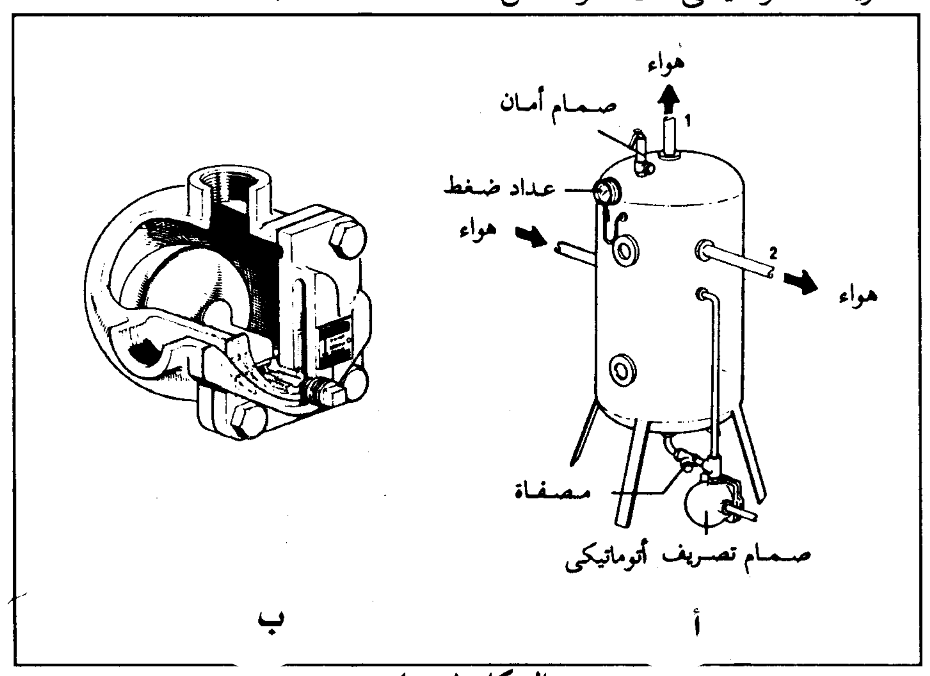
عادة يجمع الهواء المضغوط بواسطة الضاغط فى خزان الهواء لعدة أسباب أهمها :

١ ـ عند استخدام الضواغط الترددية فإن الهواء المضغوط يكون على شكل موجات انضغاطية ، فإذا انتقل الهواء المضغوط بهذه الصورة إلى نظام التحكم الهوائى يؤدى ذلك إلى انهياره وإلى إحداث ضجيج شديد يؤذى العاملين ، لذلك توضع الخزانات بجوار الضواغط لمنع انتقال هذه الموجات إلى باقى نظام التحكم الهوائى .

٢ ـ تقوم الخزانات بتخزين الهواء المضغوط فى أوقات الأحمال الخفيفة لاستخدامه وقت الذروة .

٣ ـ نظراً لأن الهواء المضغوط المخزن داخل الخزانات تكون درجة حرارته مرتفعة عن الهواء الجوى ، لذا يحدث انتقال حرارى بواسطة الإشعاع من الهواء المضغوط إلى الهواء الجوى يؤدى إلى انخفاض درجة حرراة الهواء المضغوط ، فتقل قدرته على حمل بخار الماء ، ويتكاثف جزء من بخار الماء ، وفيما يلى رمز الخزان تبعاً للمواصفات القياسية العالمية

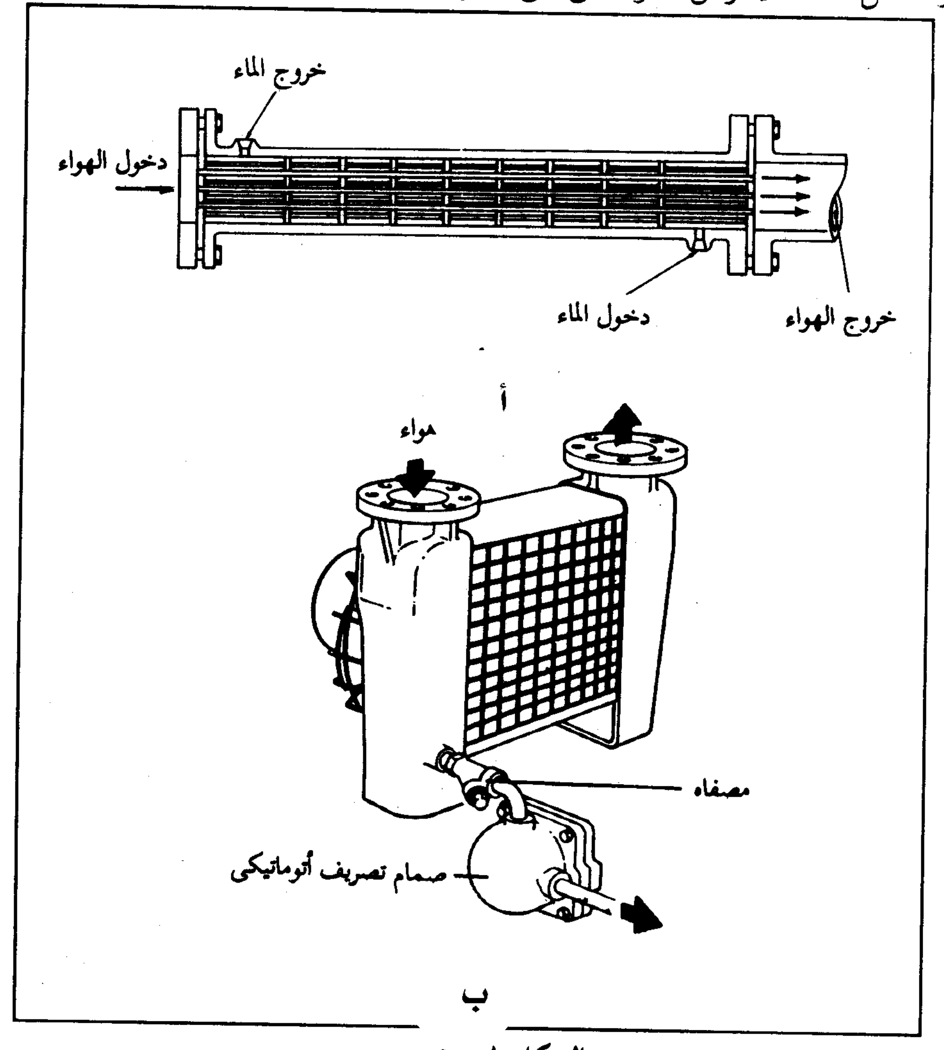
وعادة يثبت صمام أمان safty valve على الخزان لحماية الخزان من زيادة الضغط عن الحد المسموح به عند حدوث عطل فى نظام التحكم للضاغط ، وأيضاً يوجد عداد ضغط Presseure gauge لمتابعه ضغط الهواء داخل الخزان ، كذلك يثبت أسفل الخزان صمام تصريف أتوماتيكى Automatic drain valve ، ويقوم هذا الصمام بتصريف الماء المتجمع أسفل الخزان ، وهناك أنواع كثيرة من صمامات التصريف الأتوماتيكية أهمها النوع ذو العوامة الكروية Aball float type وهذا الصمام يكون مغلقاً طالما أن مستوى الماء بداخله منخفض ، وبمجرد إرتفاع مستوى الماء بداخله لحد معين ترتفع العوامة فيفتح الصمام لخروج الماء المتكائف بداخله ، ثم يغلق من جديد . والشكل ١ ـ ٤ أ يبين شكل خزان رأسى من صناعة شركة sarco ، مثبت فيه صمام أمان وعداد ضغط، وصمام تصريف أتوماتيكى بعوامة . أما الشكل ١ ـ ٤ ب فيعرض قطاعاً داخلياً لصمام التصريف الأتوماتيكى ذى العوامة من صناعة Spirax sarco .



الشكل ١ - ٤

جـ ـ مبرد الإعادة After cooler :

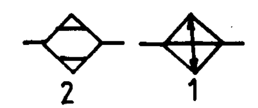
يوضع مبرد الإعادة بين الضاغط والخزان ، ويقوم هذا المبرد بتبريد الهواء المضغوط نتيجة لمرور ماء بارد حول خط الهواء المضغوط فى قمصان تبريد معدة لذلك ، وينتج عن ذلك تكاثف بخار الماء . وهناك أنواع من مبردات الإعادة تبرد الهواء المضغوط عن طريق دفع الهواء الجوى Air blast after coller . والشكل ١ ـ ٥ يعرض نموذجين من مبردات الإعادة ؛ **أحدهما** : يبرد الهواء



الشكل ١ ـ ٥

بإمرار ماء بارد حول خط الهواء المضغوط (الشكل أ) . **والثانى** يبرد الهواء المضغوط بدفع هواء بارد (الشكل ب) . وهما من إنتاج شركة Sarco .

وفيما يلى رموز كلا من مبرد الهواء المضغوط ، ومجفف الهواء بصفة عامة تبعاً للمواصفات القياسية العالمية، حيث إن الرمز 1 لمبرد هواء مضغوط ، والرمز 2 لمجفف هواء .



ملاحظة :

يوجد وحدات تبريد تعمل بالفريون Refrigeration units تستخدم أحياناً لتبريد الهواء المضغوط إذا تعذر استخدام مبرد الإعادة ، أو إذا لم يكن مبرد الإعادة قادراً على الوصول إلى محتوى مائى لايزيد عن $0.001\ g/m^3$.

والشكل ١ ـ ٦ يعرض المخطط التكنولوجى لوحدة توليد هواء مضغوط ومجفف وهى تتكون من :

ـ محرك كهربى لإدارة الضاغط .

ـ ضاغط بمرحلتين يحتوى على مبرد بينى لتوليد الهواء المضغوط .

ـ مبرد إعادة لتبريد الهواء المضغوط لتكثيف الماء العالق به .

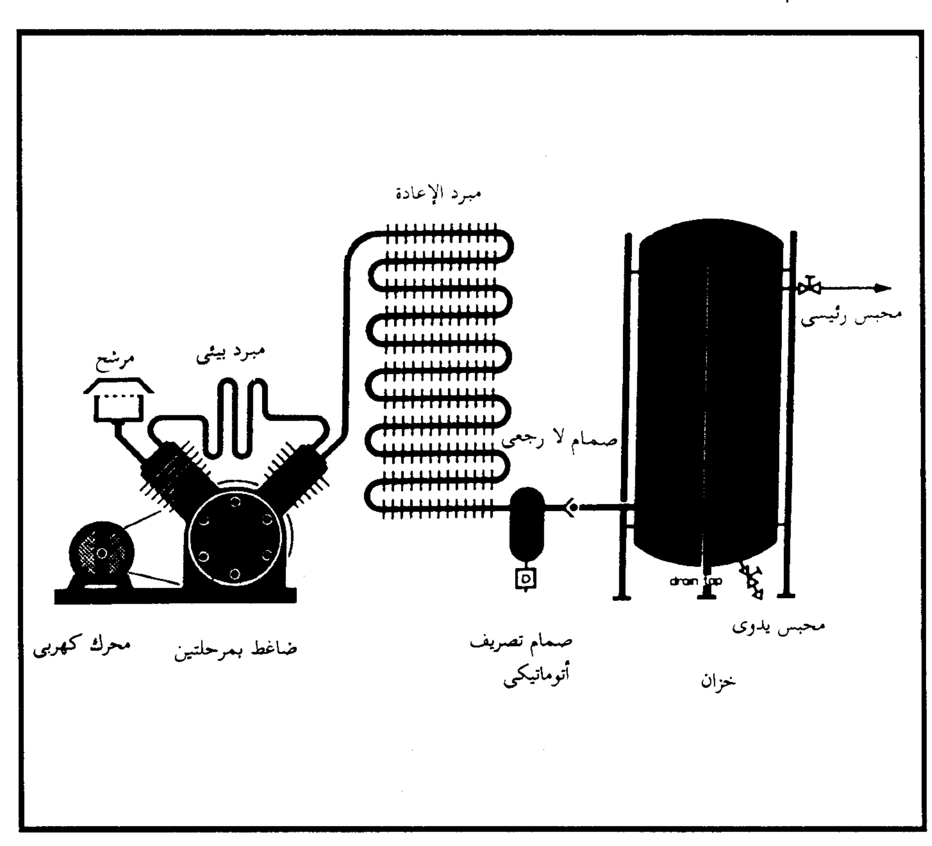
ـ صمام تصريف أتوماتيكى لتصريف الماء المتكاثف من الهواء المضغوط بعد خروجه من مبرد الإعادة .

ـ صمام لا رجعى لمنع التدفق العكسى للهواء المضغوط من الخزان إلى الضاغط .

ـ خزان هواء مضغوط لتخزين الهواء المضغوط المجفف لوقت الحاجة .

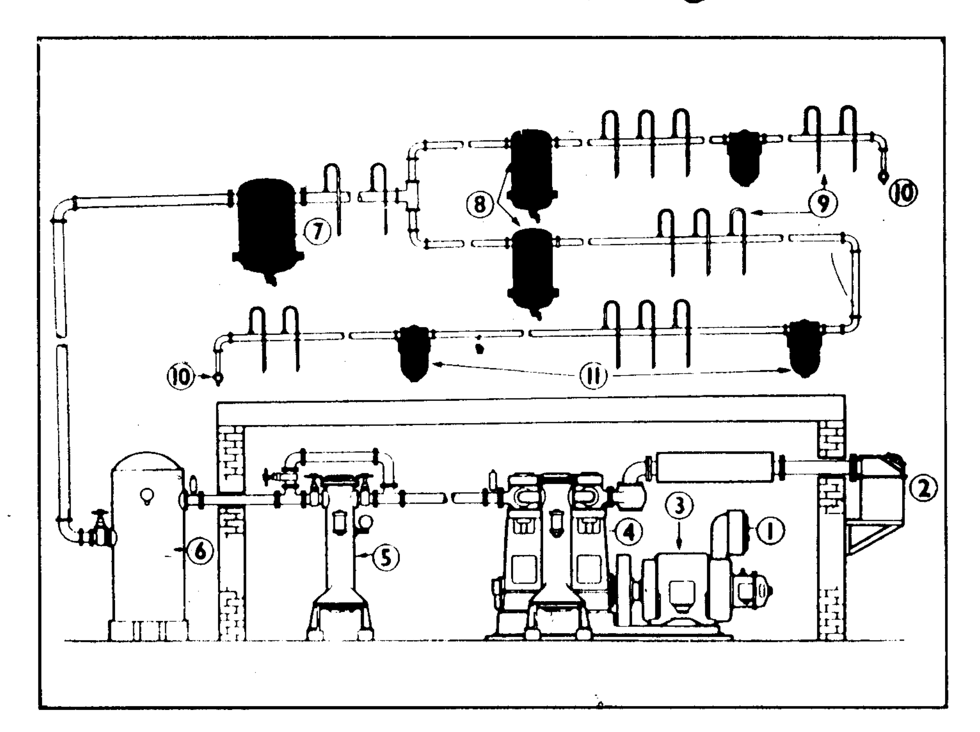
ـ محبس يدوى لتصريف الماء المتكاثف فى الخزان .

ـ محبس رئيسى يتم فتحه أثناء دخول وحدة توليد الهواء المضغوط للخدمة فى حين يتم غلقه أثناء عمليات الصيانة .



الشكل ١ ـ ٦

وبعد أن تعرّفنا على مراحل إعداد الهواء المضغوط جافاً لكى يكون صالحاً للاستخدام فى دوائر التحكم الهوائية . جاء الدور لاستعراض نموذج متكامل يحتوى على جميع الأجهزة المستخدمة لمعالجة الهواء المضغوط وصولاً للأحمال ، وهذا موضح بالشكل ١ ـ ٧ تبعاً لتوصيات شركة (Vckes limited)



الشكل ١ ـ ٧

حيث إن :

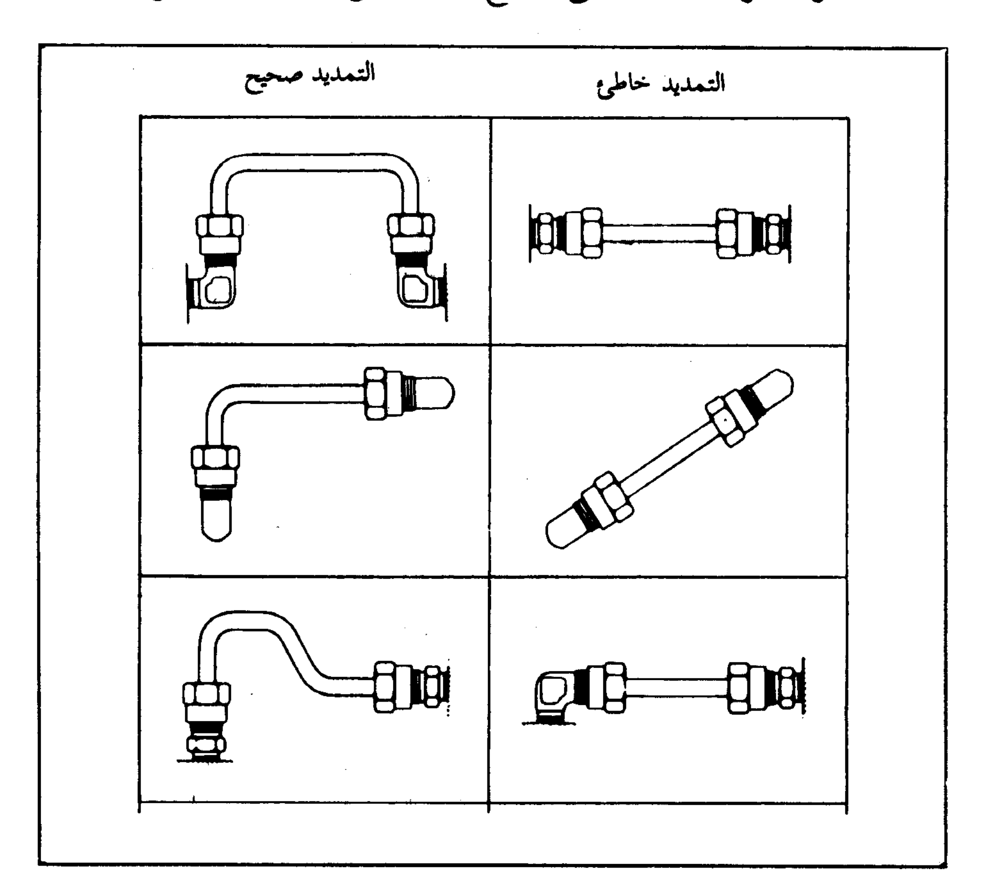
فلتر لنظام تهوية المحرك	1	مرشح بفاصل ماء للخط الرئيسى	7
فلتر الهواء الداخل لضاغط	2	مرشحات بفواصل ماء للخطوط الفرعية	8
محرك كهربى	3	أفرع تغذية الماكينات العاملة بالهواء المضغوط	9
ضاغط	4	صمام تصريف أتوماتيكى بكرة	10
مبرد الإعادة	5	مرشحات الخطوط الفرعية	11
الخزان	6		

ملاحظة : سوف نتناول المرشحات ذات فواصل الماء فى الفقرة ٢ ـ ٧ فيما بعد.

١ ـ ٦ خطوط الهواء Air Lines

تعرف خطوط الهواء المستخدمة فى أنظمة التحكم الهوائية بأنها : خطوط إمداد الهواء المضغوط من وحدة توليد الهواء المضغوط بالمنشأة إلى جميع الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط ، وهناك ثلاثة أنواع من الخطوط الهوائية وهي :

١ ـ **المواسير الصلبة** : هى تصنع عادة من الصلب المجلفن ، وهناك



الشكل ١ ـ ٨

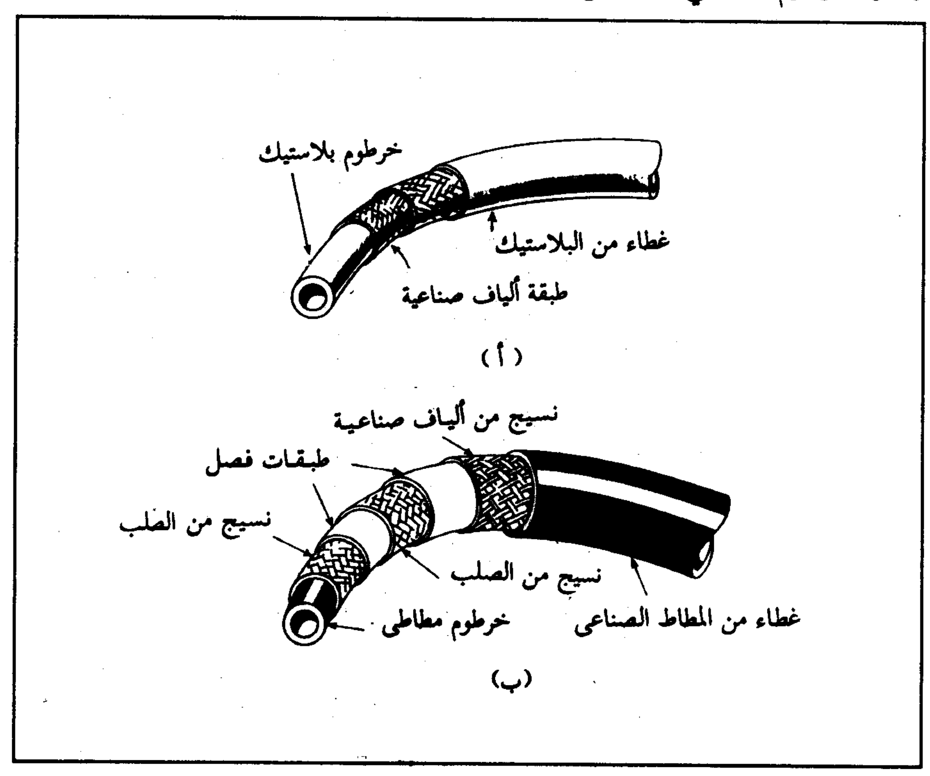
عنصران هامان لاختيار هذه المواسير وهما : القطر الخارجى OD القطر الداخلى ID ، الأقطار الخارجية لهذه المواسير بالملى متر كالآتى 15, 20, 25, 40, 50, 80, 100, 125, 150, 200 .

٢ ـ أنابيب شبه صلبة : وتصنع عادة من الألومنيوم والنحاس والإستنلستيل . وتحتاج هذه الأنابيب إلى عدد قليل من أدوات التوصيل وذلك لإمكانية تثنيها والشكل ١ ـ ٨ يعرض طرق التركيب الصحيحة والخاطئة للأنابيب الشبه صلبة تبعاً لتوصيات شركة .Weatherhead Co .

علماً بأن قطر انحناء الأنابيب شبه الصلبة يجب ألا يقل عن D (3: 2 1/2) حيث إن D هو القطر الخارجى للأنبوبة .:

٣ ـ الخراطيم المرنة : تستخدم الخراطيم المرنة عند الحاجة لمرونة خطوط التوصيل على سبيل المثال : وصلات الأسطونات المتحركة .. وأيضاً فى الأماكن التى تتعرض لاهتزازات شديدة . وتصنع الخراطيم المرنة من البلاستيك أو المطاط. وفي الماضي كان يعاب على خراطيم المطاط بانهيارها عند ملامسة الزيت . أما خراطيم البلاستيك فكانت تفقد مرونتها عند انخفاض درجة الحرارة المحيطة . ولكن بتقدم صناعة اللدائن الصناعية أمكن التغلب على هذه المشاكل، حيث تصنع خراطيم المطاط والبلاستيك بأقطار تصل إلى 25 mm ، وتتحمل درجات حرارة تتراوح ما بين 60 °C + : 10 °C - ، وتتحمل ضغوط تشغيل تتراوح ما بين 7 : 10 bar . ولقد ظهرت تصميمات من خراطيم المطاط تتكون من قلب داخلي من المطاط المقاوم للزيت ومحاطة بفرشة من القطن ، ثم طبقة ناعمة خارجية . أما خراطيم البلاستيك فأصبحت مقواة بشريط حلزوني من الترلين لتقويتها ، وعادة يفضل استخدام خراطيم البلاستيك لما لها

من مميزات كثيرة عن خراطيم المطاط . غير أن خراطيم المطاط تستخدم عند الحاجة لخطوط مرنة تتحمل إجهادات ميكانيكية لاتقدر عليها خراطيم البلاستيك . والشكل ١-٩ يبين التركيب البنائي لخرطوم بلاستيك (الشكل أ) وآخر لخرطوم مطاطي (الشكل ب) .



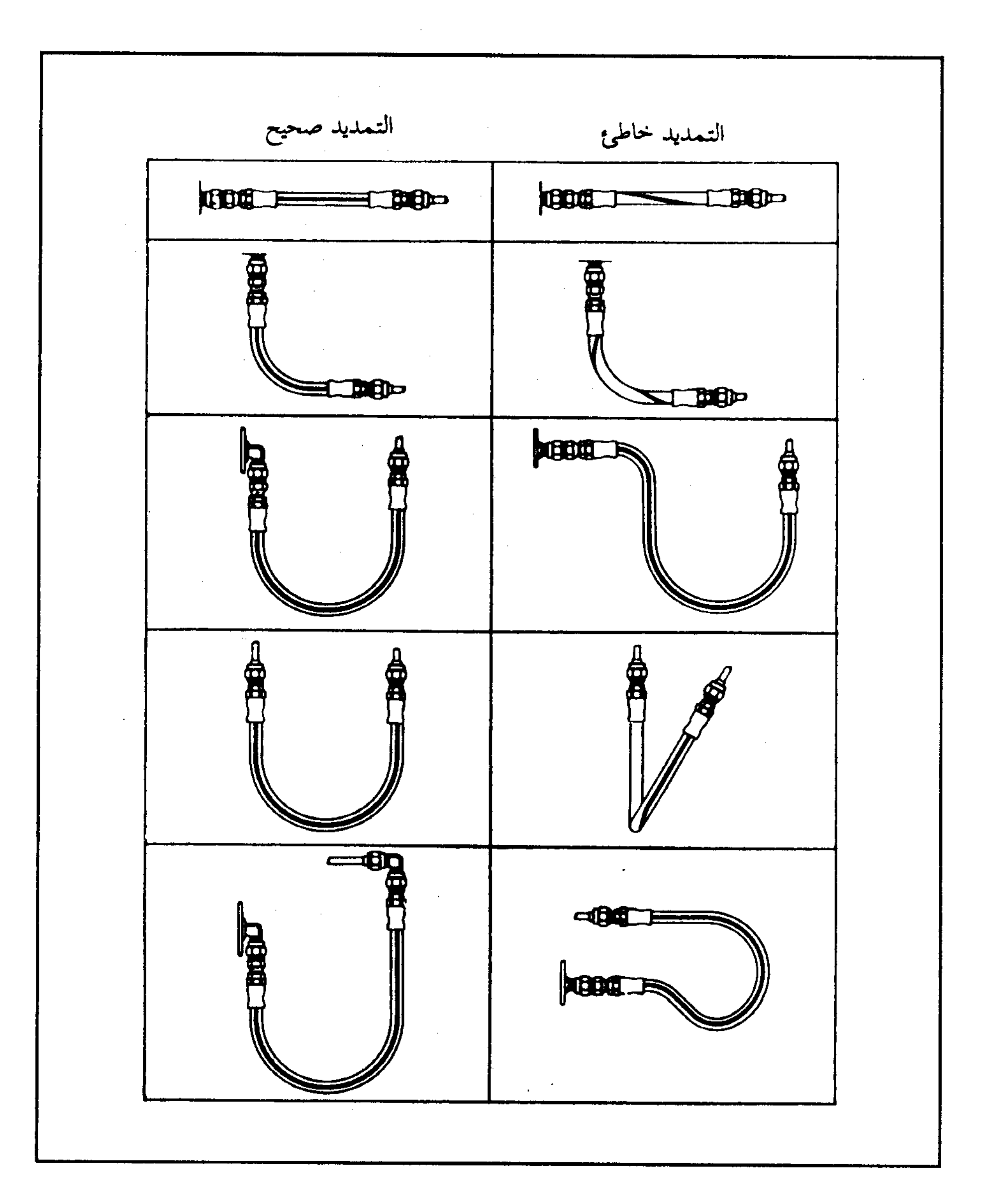
الشكل ١ -٩

وتتواجد الخراطيم المرنة سواء كانت مطاط أو بلاستيك في صورتين وهما:

١ ـ خراطيم بمقاسات محدودة مثبت بها الوصلات اللازمة من قبل الشركة المصنعة .

٢ ـ خراطيم في صورة لفات طويلة حيث تقطع حسب الطلب، ويقوم فني التركيبات بتثبيت الأدوات اللازمة فيها. والشكل ١-١٠ يبين الطريقة الصحيحة

والغير صحيحة لتمديد الخراطيم المرنة تبعاً لتوصيات شركة Weatherhead .



الشكل ١ - ١٠

وكما هو واضح من الشكل السابق نجد أنه يسمح بارتخاء الخراطيم أثناء

تمديدها ، وذلك لتعويض النقص الناشئ عن مرور الهواء المضغوط بداخلها ، والذي قد يصل إلى 5% من طولها . ويراعى عند التمديد أن يكون الشكل مقبولاً مع سهولة فك الوصلات ، وأن يكون نصف قطر الانحناء لا يقل عن 5 مرات من القطر الخارجي للخراطيم .

١ ـ ٧ أدوات التوصيل Fittings

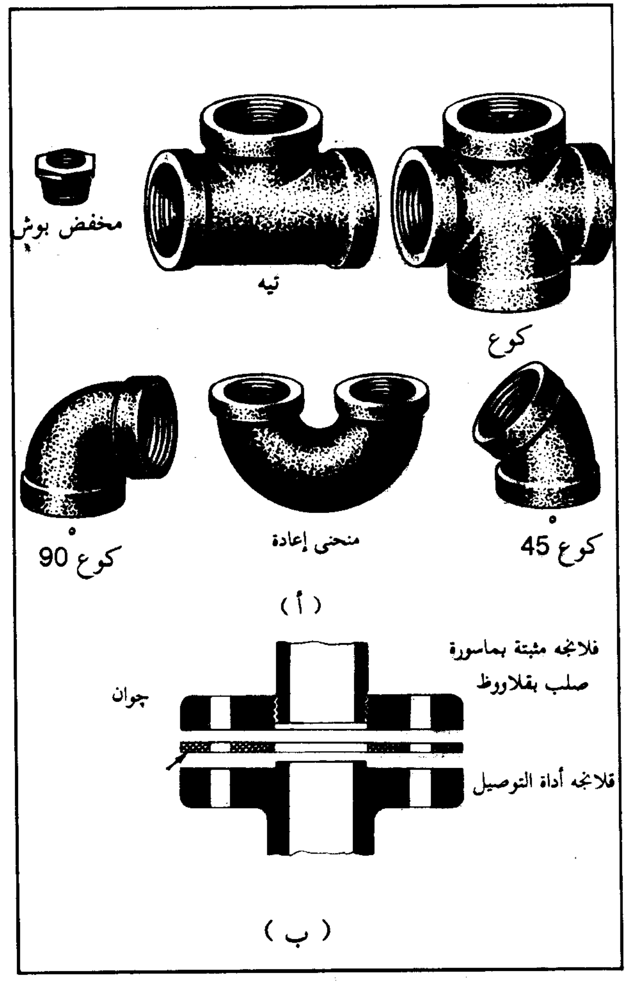
يعتمد نوع أدوات التوصيل المستخدمة على نوع الخطوط المستخدمة . وفيما يلي أهم الأدوات المستخدمة :

أولاً : أدوات التوصيل المسننة (المقلوظة) Threaded Connectors

وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب . وفى هذه الحالة تكون أدوات التوصيل مقلوظة ، وكذلك فإن أطراف المواسير تكون مقلوظة . وعادة تستخدم شرائط إحكام رباط مع هذه الوصلات حيث توضع حول الطرف المقلوظ للماسورة . وتصنع الأدوات المقلوظة من الصلب أو سبائك النحاس . والجدير بالذكر أن أنابيب الإستنلستيل تستخدم أحياناً أدوات توصيل مقلوظة مصنوعة من الإستنلستيل .

ثانياً : أدوات التوصيل الفلانجية Flange Connectors :

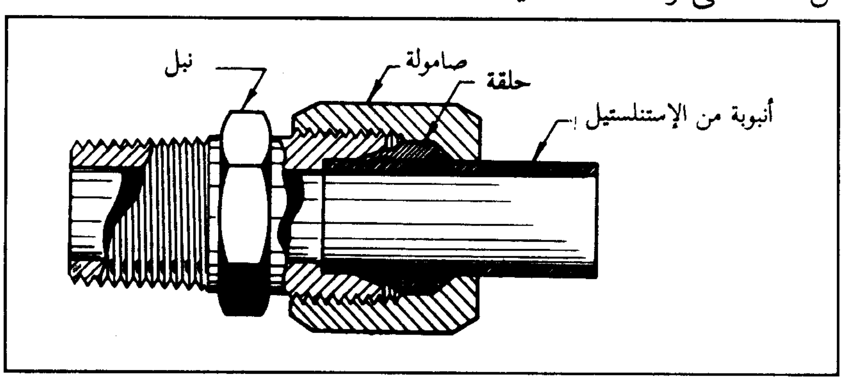
تستخدم الأدوات الفلانجية ذات المسامير مع المواسير الصلب ، حيث تثبت الفلانجة مع الماسورة الصلب. إما باللحام أو القلاووظ . وتتشابه أدوات التوصيل الفلانجية مع أدوات التوصيل المسننة فى أنواعها (كوع – تيه – جلبة – صليب – لاكور ... إلخ) . ولكنها تكون مزودة بفلانجات فى أطرافها . وعادة يوضع جوان مناسب بين كل فلانجتين عند ربطهما معاً . والشكل ١ – ١١ يعرض وصلة فلانجية تتكون من فلانجة مثبتة مع ماسورة صلب بقلاووظ وفلانجة أداة التوصيل، ويوضع بين فلانجة الماسورة وفلانجة أداة التوصيل جوان .



الشكل ١ –١١

ثالثاً : أدوات التوصيل الانضغاطية : Compression Connectors

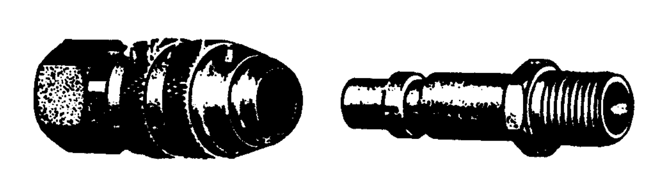
وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب الشبه صلبة (نحاس ـ استنلستيل) . وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبل وجلبة أو حلقة وصامولة . حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة ، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوبة داخل الصامولة وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبل ، فيضغط النبل على الحافة المشطوفة للجلبة أو الحلقة فتنسلخ الحافة الثانية للجلبة لتدخل فى الفراغ المحصور بين التخويش الأسطوانى للنبل والمحيط الخارجى للأنبوبة ، وتؤدى قوة ضغط الصامولة على شطف الجلبة إلى تثبيت الوصلة جيداً . والشكل ١ ـ ١٢ يعرض قطاعاً فى وصلة انضغاطية .



الشكل ١ ـ ١٢

رابعاً : الوصلات السريعة : Quick disconnect Couplings

وتستخدم هذه الأدوات دائماً مع الخراطيم المرنة ، وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون إحداث تسربات للهواء المضغوط . وتحتوى هذه الوصلات على صمام لارجعى يكون مفتوحاً عندما تكون الوصلة مجمعة والعكس بالعكس ، وبالتالى تمنع تسرب الهواء المضغوط إلى الخارج بعد فكها والشكل (١-١٣) يعرض وصلة سريعة .

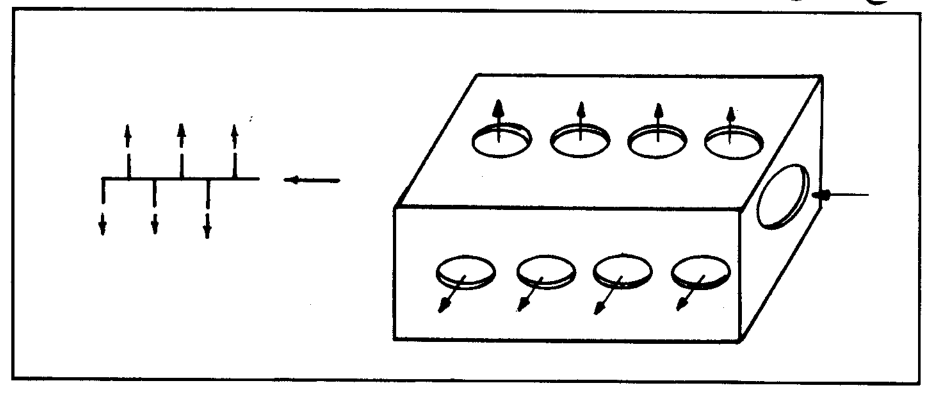


الشكل ١ ـ ١٣

فيما يلى رمز وصلة سريعة مجمعة (رمز 1) ومفكوكة (رمز 2)

خامساً : الموزعات Manifolds

وهى أماكن توزيع خطوط الضغط داخل الماكينات العاملة بالهواء المضغوط، حيث توصل مع وحدات الخدمه الهوائية (الفقرة ٢ ـ ٩) لتوزيع الضغط على العناصر المختلفه للدائرة النيوماتيكية . والشكل ١ ـ ١٤ يعرض مخططاً مجسماً لموزع هوائى والرمز المكافئ له .



الشكل ١ ـ ١٤

الباب الثاني
عناصر التحكم النيوماتيكي

٢ ـ ١ الأسطوانات الهوائية : Pnumatic cylinders

تعد الأسطوانات الهوائية أهم عناصر الفعل المستخدمة للحصول على حركة في خط مستقيم ، أو حركة ترددية ، أو حركة زاوية ، وبالرغم من وجود اختلافات كبيره في تصميم الاسطوانات وتطبيقاتها إلا أنه يمكن تقسيم الأسطوانات إلى نوعين رئيسين وهما :

١ ـ الأسطوانات الأحادية الفعل : Single acting cylinders وهى أسطوانات تعطى قوة دفع في اتجاه واحد وهو اتجاه الذهاب .

٢ ـ الأسطوانات الثنائية الفعل double acting cylinders وهى أسطوانات تعطى قوة دفع في اتجاه الذهاب واتجاه العودة .

٢ ـ ٢ ـ ١ الأسطوانات الأحادية الفعل :

وهذه الأسطوانات قادرة على إعطاء قوة دفع في اتجاه الذهاب فقط . وهناك نوعان من هذه الأسطوانات وهما :

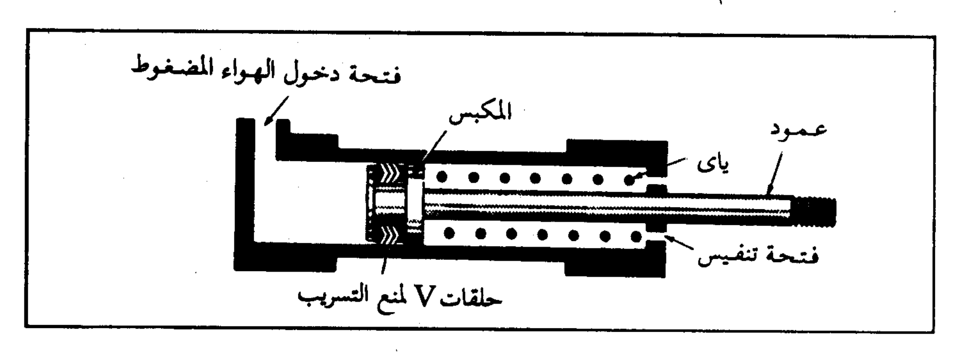
١ ـ أسطوانة أحادية الفعل بدون ياى رجوع .

٢ ـ أسطوانة أحادية الفعل بياى رجوع .

والشكل ٢ ـ ١ يعرض قطاعاً في أسطوانة أحادية الفعل بياى رجوع ، وبصفة عامة فإنه عند السماح للهواء الضغوط بالدخول من فتحة الأسطوانة

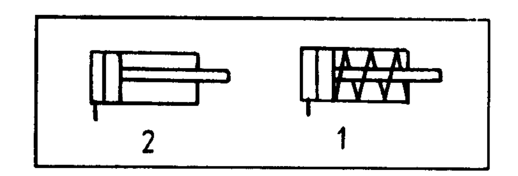
يندفع المكبس للأمام ، وعند انقطاع الهواء المضغوط عن فتحة الأسطوانة يعود المكبس للخلف بفعل الجاذبية الأرضية عند وضعها رأسياً . (فى حالة الأسطوانات أحادية الفعل بدون ياى) أو بفعل ياى الإرجاع (فى حالة الأسطوانات الأحادية الفعل ذات الياى) .

ويلاحظ وجود فتحة تنفيس فى غرفة عمود المكبس لتجنب مقاومة الهواء الموجود بداخلها فى شوط الذهاب (التقدم) علماً بأنه عند انسداد هذه الفتحة تتعسر عملية التقدم لانحباس الهواء فى غرفة عمود الكبس .



الشكل ٢ ـ ١

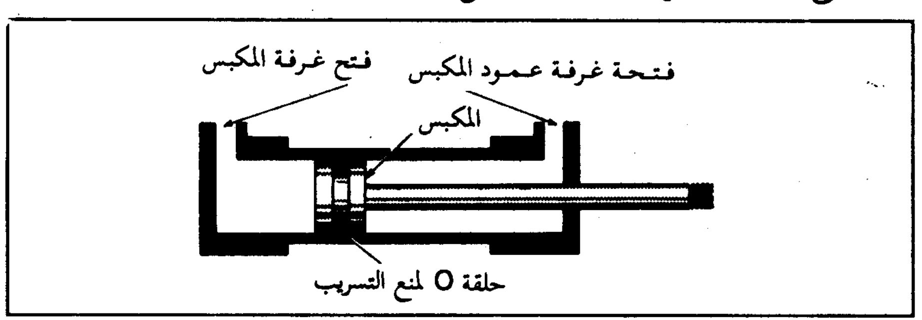
و فيما يلى رموز هذه الأسطوانات ، حيث إن الرمز 1 لأسطوانة أحادية الفعل بياى ، والرمز 2 لأسطوانة أحادية الفعل بدون ياى .



٢ ـ ١ ـ ٢ الأسطوانات ثنائية الفعل :

وهى أسطوانات تعطى قوة دفع للأحمال فى اتجاه الذهاب والعودة ، وتعد الأسطوانات الثنائية الفعل أكثر الأسطوانات انتشاراً . والشكل ٢ ـ ٢ يعرض

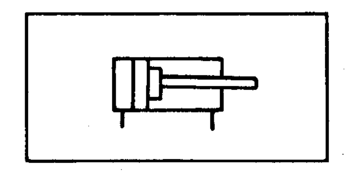
قطاعاً فى أحد الأسطوانات الثنائية الفعل .



الشكل ٢ ـ ٢

ويلاحظ إنه عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة المكبس، تتقدم الأسطوانة للأمام ، أى يتقدم مكبس الأسطوانة للأمام ، وعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة عمود المكبس ، تتراجع الأسطوانة للخلف ، أى يتراجع مكبس الأسطوانة للخلف .

وتتميز هذه الأسطوانات بأن سرعة العودة أكبر من سرعة الذهاب ، والعكس بالعكس بالنسبة لقوة الدفع فقوة الدفع فى الذهاب أكبر من مثيلتها عند العودة وفيما يلى رمز الاسطوانة ثنائية الفعل .

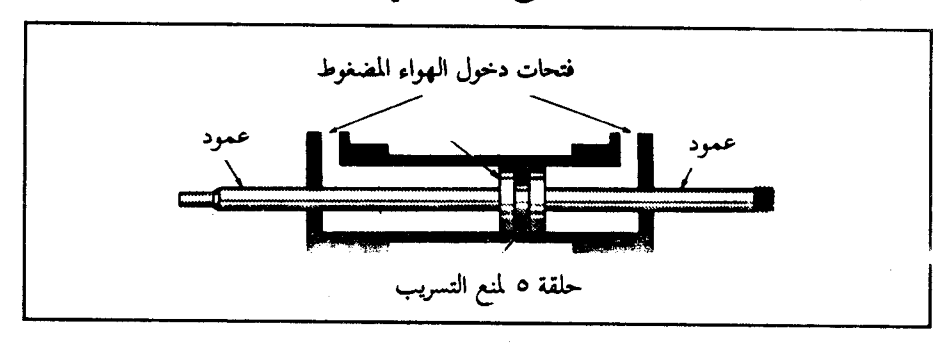


٢ ـ ١ـ ٣ الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة Special cylinders

هناك عدة أنواع من الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة سوف نستعرض أهمها فى هذه الفقرة .

أولاً : أسطوانة بذراعى دفع على جانبيها Double rod end cylinders

الشكل ٢ ـ ٣ يعـرض قطاعـاً فى أسطوانة من هذا النوع ، وتمتـاز هذه الأسطوانات بتساوى سرعة وقوة الدفع فى شوطي الذهاب والعودة لها .



الشكل ٢ ـ ٣

وفيما يلى رمز هذه الأسطوانة



ثانياً : الأسطوانات ذات المواضع المتعددة Multi Position cylinders

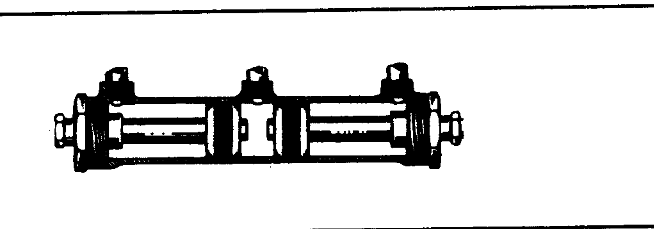
الشكل ٢ ـ ٤ يعرض قطاعاً فى أسطوانة بثلاثة مواضع ، حيث إن مواضع تشغيلها كالآتى :

الموضع الأول : تراجع ذراعى الأسطوانة للخلف .

الموضع الثانى : تقدم أحد الذراعين للأمام .

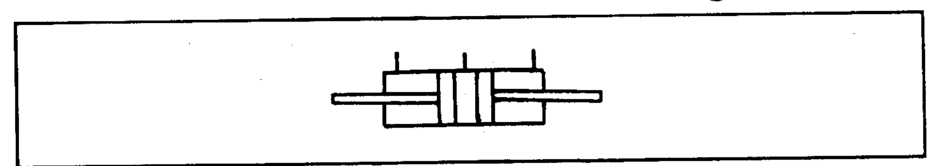
الموضع الثالث : تقدم الذراعين للأمام .

ويمكن الحصول على هذه المواضع الثلاثة : بتثبيت أحد ذراعى الأسطوانة ، فنحصل على هذه المواضع الثلاثة من الذراع الثانى للأسطوانة .



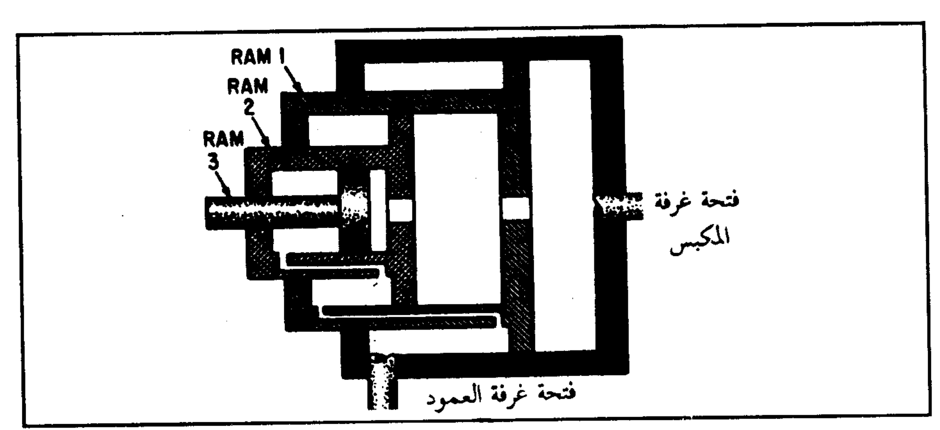
الشكل ٢ ـ ٤

وفيما يلى رمز الأسطوانة ذات الثلاثة مداخل وذراعى الدفع (الأسطوانة ذات الثلاثة مواضع) .



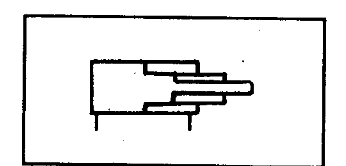
ثالثا: الأسطوانات التلسكوبية Telescoping type cylinders

الشكل ٢ ـ ٥ يعرض قطاعاً فى أسطوانة تلسكوبية بثلاثة مكابس متداخلة ، فعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة المكبس ، يتقدم المكبس 1 ثم 2 ثم 3 ، أما عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة العمود ، يتراجع المكبس 3 ثم 2 ثم 1 .وتستخدم هذه الأسطوانات للحصول على أشواط كبيرة .



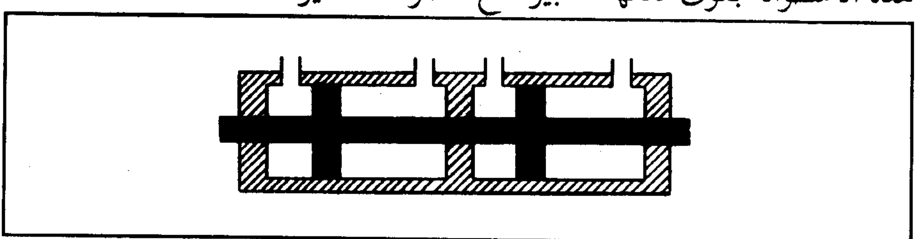
الشكل ٢ ـ ٥

فيما يلى رمز الأسطوانة التلسكوبية



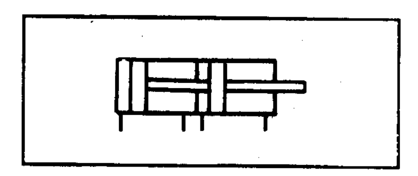
رابعا : الأسطوانات ذات المكابس المتتالية Tandem actuating cylinders

الشكل ٢ ـ ٦ يعرض قطاعاً لأسطوانة ذات مكبسين متتاليين ، تحتوى الأسطوانة ذات المكابس المتتالية على مكبسين أو أكثر داخل الأسطوانة ، وتجزأ الأسطوانة داخلياً إلى عدد من الغرف يكافئ عدد المكابس الداخلية ، وتتميز هذه الأسطوانة بقوى دفعها الكبيرة مع أقطارها الصغيرة .



الشكل ٢ ـ ٦

وفيما يلى رمز أسطوانة ذات مكبسين متتاليين .



خامسا : الأسطوانات ذات الخمد Cushioned cylinders

الخمد هو تقليل سرعة الأسطوانة فى نهاية الشوط سواء فى شوط الذهاب

أو العودة أو كليهما ، وذلك لمنع تصادم مكبس الأسطوانة مع جسمها ، وهناك عدة أنواع للخمد كالآتى :

١ ـ خمد ثابت فى اتجاه الذهاب .

٢ ـ خمد ثابت فى اتجاه العودة .

٣ ـ خمد ثابت فى اتجاهى الذهاب والعودة .

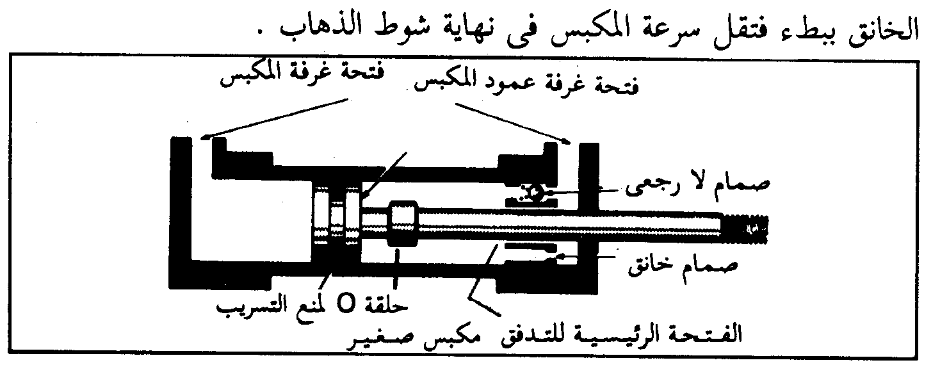
٤ ـ خمد متغير فى اتجاه الذهاب .

٥ ـ خمد متغير فى اتجاه العودة .

٦ ـ خمد متغير فى اتجاهى الذهاب والعودة .

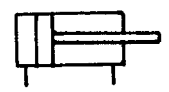
ويعتمد نوع الخمد المطلوب على طبيعة أحمال الأسطوانة . والشكل ٢ ـ ٧ يعرض قطاعاً لأسطوانة ذات خمد ثابت فى اتجاه الذهاب ، ويتم ذلك باستخدام صمام لارجعى يسمح للهواء بالمرور فيه فى شوط العودة فقط ، وصمام لخنق الهواء .

وعند السماح للهواء المضغوط بالمرور فى فتحة غرفة المكبس ، يتقدم المكبس بسرعة ، وبمجرد دخول المكبس الصغير داخل مبيته ينغلق المبيت والذى يمثل الفتحة الرئيسية للتدفق فيمر الهواء المتبقى أمام المكبس من خلال الصمام الخانق ببطء فتقل سرعة المكبس فى نهاية شوط الذهاب .



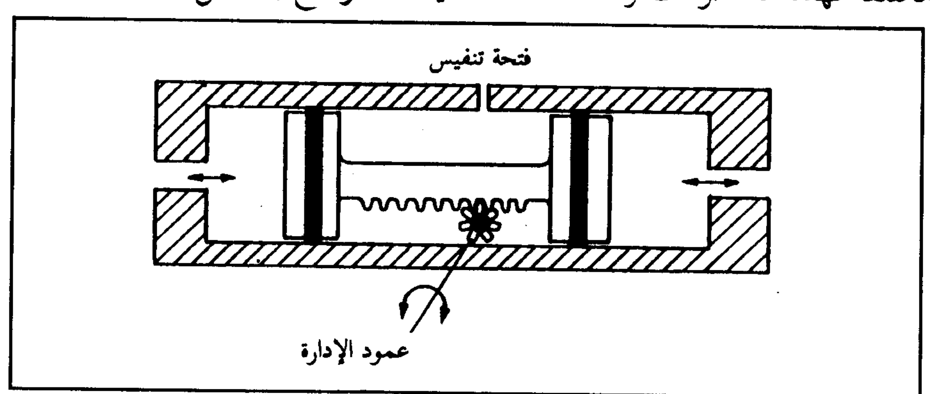
الشكل ٢ ـ ٧

وفيما يلى رمز أسطوانة ثنائية الفعل بخمد ثابت عند الذهاب.



سادساً : الأسطوانات الدوارة Rotary cylinders

وتصمم هذه الأسطوانات للحصول على حركة دورانية محدودة ، وتكون زاوية دوران أعمدة هذه الأسطوانات أقل من 360 ، وبالطبع هناك تصميمات مختلفة لهذه الأسطوانات وأحد هذه التصميمات موضح بالشكل ٢ ـ ٨ .



الشكل ٢ ـ ٨

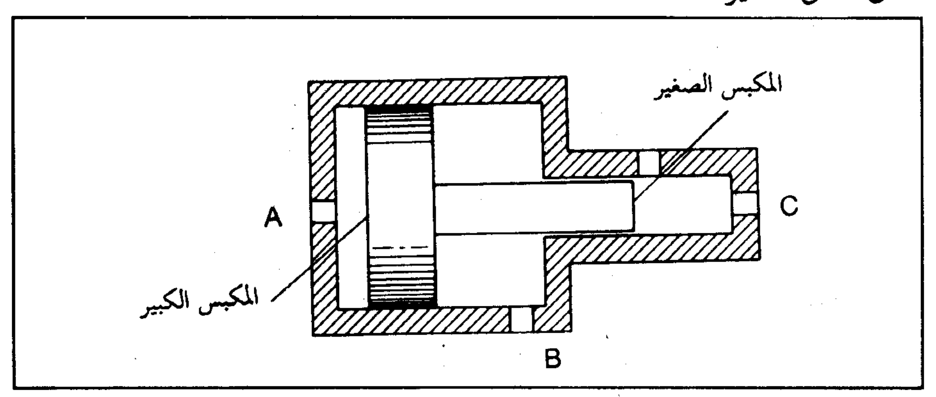
حيث تتكون هذه الأسطوانة من جريدة مسننة تصل مكبسين معاً داخل غلاف الأسطوانة ، وعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من أحد مدخلى الأسطوانة يتحرك المكبسين معاً ومعهما الجريدة المسننة فيدور ترس صغير معشق مع الجريدة المسننة ، وبذلك يمكن الحصول على حركة دورانية من عمود آخر مثبت مع الترس ، ويعتمد اتجاه دوران الأسطوانة الدوارة على اتجاه التدفق وفيما يلى رمز الأسطوانة الدوارة .

سابعاً : أسطوانات تكبير الضغط : Intesifiers

الشكل ٢ ـ ٩ يعرض قطاعاً فى أسطوانة تكبير ضغط . فعند السماح للهواء المضغوط بالمرور من خلال فتحة غرفة المكبس الكبير يتحرك المكبس الكبير والصغير معاً للأمام ،وبذلك نحصل على ضغط كبير جداً للهواء الخارج من فتحة المكبس الصغير ويعين ضغطه من المعادلة :

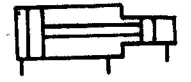
$$P_2 = \frac{P_1 . S_1}{S_2}$$

حيث إن S_1 هى مساحة المكبس الكبير ، P_1 هو ضغط الهواء المضغوط القادم من الضاغط ، S_2 هى مساحة المكبس الصغير ، وعادة تستخدم أسطوانات تكبير الضغط فى الاستخدامات التى تحتاج لضغط كبير جداً مع معدل تدفق صغير .



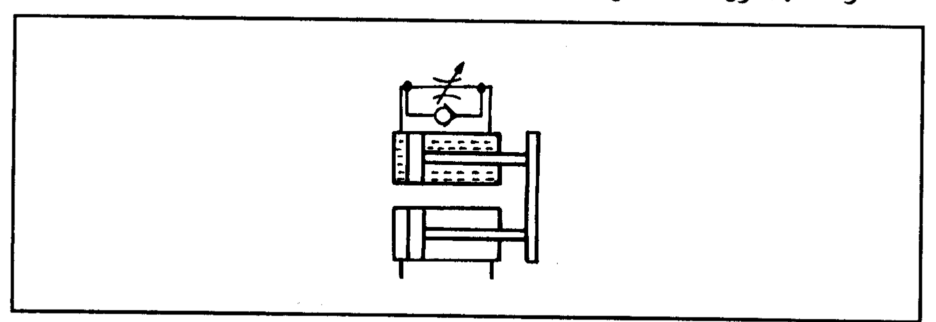
الشكل ٢ ـ ٩

وفيما يلى رمز أسطوانة تكبير الضغط .



ثامناً : الأسطوانات الهيدروليكية النيوماتيكية Pnumatic hydraulic cylinders

وتستخدم هذه الأسطوانات فى آلات الورش للحصول على تغذية رأسية وأفقية كما هو الحال فى الفرايز والمقاشط ... إلخ ، بسرعة منخفضة جداً عند الذهاب، وسرعة عادية عند العودة ، وهى تتكون من أسطونتين ثنائيتى الفعل ، إحداهما هوائيــة ، والثانية هيـدروليكيـة (مملوءة بالزيت) وتوصل فتحتى الأسطوانة الزيتية معاً من خلال صمام خانق لارجعى (سوف نتناوله فى الفقره ٢ ـ ٤ ـ ٣) حيث يقوم بخنق الزيت المار به فى اتجاه واحد . وفيما يلى رمز الأسطوانه الهيدروليكية النيوماتيكية تبعاً للمواصفات القياسية العالمية .



٢ ـ ١ ـ ٤ طرق تثبيت الأسطوانات الخطية :

يوجد عدة تصميمات لتثبيت الأسطوانات الخطية موضحة بالشكل ٢ –١٠ وهم كالآتى :

١ ـ تثبيت بركائز أفقية (أ) .

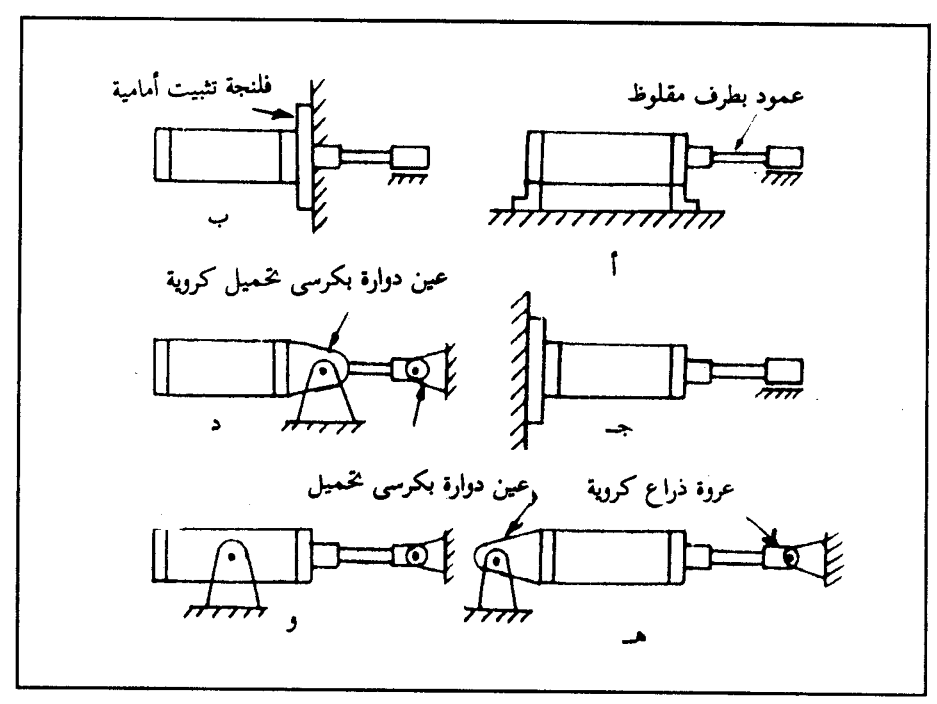
٢ ـ تثبيت بفلانجة أمامية (ب) .

٣ ـ تثبيت بفلانجة خلفية (ج) .

٤ ـ تثبيت بركيزة مفصلية أمامية (د) .

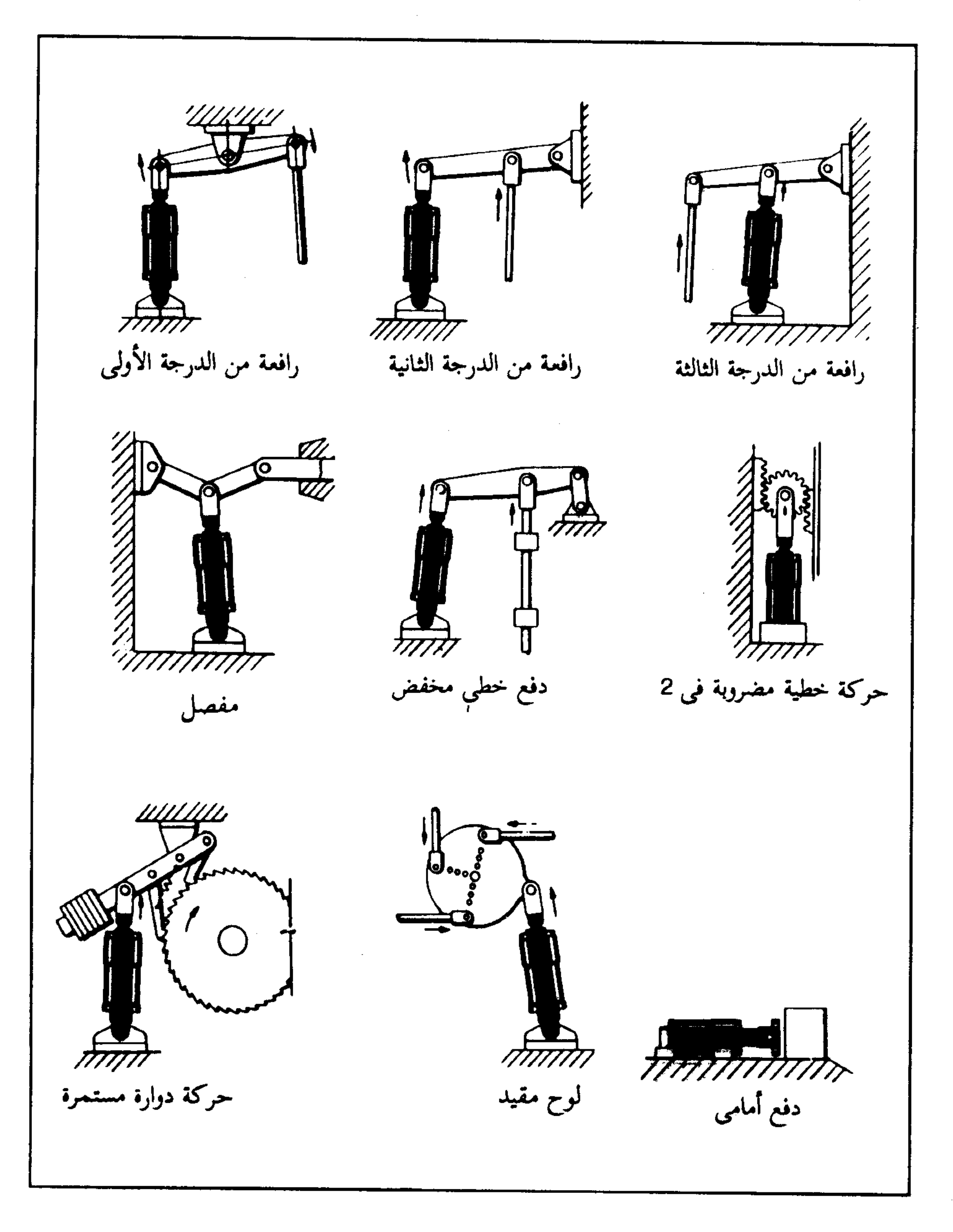
٥ ـ تثبيت بركيزة مفصلية خلفية (هـ)

٦ ـ تثبيت بركيزة مفصلية فى المنتصف (و) .



الشكل ٢ ـ ١٠

أما الشكل ٢ ـ ١١ فيستعرض بعض التطبيقات الخاصة بالأسطوانات الخطية:



الشكل ٢ ـ ١١

٢ ـ ٢ المحركات الهوائية Air motors

يفضل استخدام المحركات الهوائية عن المحركات الكهربية فى كثير من ميادين الصناعة خصوصاً القدرات الصغيرة والتى لا تتعدى 30HP للأسباب الآتية :

١ ـ سعرها صغير نسبياً .

٢ ـ تكاليف تشغليها منخفضة نسبياً .

٣ ـ أكثر أماناً ، خصوصاً من الأماكن الخطرة التى لا تتحمل حدوث شرر فيها .

٤ ـ لاتحتاج لحماية ضد زيادة الأحمال عليها وعزم بدئها كبير .

٥ ـ ذات أحجام وأوزان صغيرة نسبياً ويسهل صيانتها .

٦ ـ يمكن بسهولة جداً التحكم فى سرعاتها بالصمامات اللارجعية الخانقة (انظر الفقره ٢ ـ ٤ ـ ٣) .

٧ ـ تستخدم كبادئات لبعض محركات الديزل والتوربينات الغازية بدلاً من استخدام البطاريات .

وأكثر المحركات الهوائية انتشاراً هي :

١ ـ المحركات الهوائية الترددية Reciprocating air Motors

٢ ـ المحركات الهوائية الدوارة Rotary air Motors

والتي تنقسم إلى :ـ محركات ريشية Vane Motors

محركات ترسية Gear Motors

علماً بأن تركيب المحركات الهوائية لا يختلف عن تركيب الضواغط

فالمحركات الهوائية تغذى بالهواء المضغوط للحصول على حركة دورانية ، أما الضواغط فتدار للحصول على هواء مضغوط .

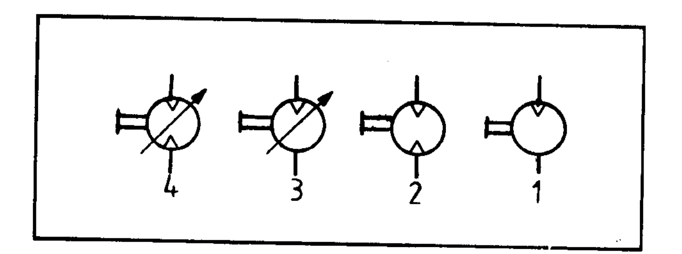
وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة من المحركات الهوائية وهي كالآتي :

محرك هوائي بسرعة ثابتة يدور في اتجاه واحد (رمز 1) .

محرك هوائي بسرعة ثابتة ويدور في اتجاهين (رمز 2) .

محرك هوائي بسرعة متغيرة ويدور في اتجاه واحد (رمز 3) .

محرك هوائي بسرعة متغيرة ويدور في اتجاهين (رمز 4) .



والجدول ٢-١ يعرض مقارنة بين خواص أهم أنواع المحركات الهوائية :

الجدول ٢-١

نوع المحرك	السرعة بدون حمل RPM	السرعة عند التحميل RPM	عزم البدء	القدرة
ترددي	تصل إلى 2000	600 : 1500	عالٍ	0.7 : 25 HP
دوار بريش	تصل إلى 20000	7 : 15000	منخفض جداً	0.1 : 20 HP
ترسى	تصل إلى 3000	1500 : 2000	منخفض	1 : 20 HP

٢-٣ الصمامات الاتجاهية Directional Valves :

تقوم الصمامات الاتجاهية بتوجيه الهواء المضغوط عند الوقت اللازم بالطريقة التي تسمح بتشغيل أو إيقاف عناصر الفعل الهوائية (أسطوانات ومحركات) ، مثل : دوران محرك هوائي جهة اليمين ، أو جهة اليسار ، وحركة أسطوانة للأمام أو الخلف وهكذا .

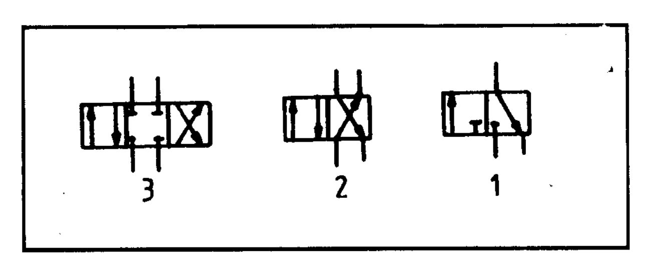
ويتم تسمية الصمام الاتجاهي تبعاً لعدد فتحاته (بدون أخذ فتحات التحكم في الاعتبار) وكذلك تبعاً لعدد مواضع التشغيل ، ويمكن تقسيم الصمامات الاتجاهية حسب قدرة التشغيل إلى :

أ ـ صمامات القدرة .

ب ـ صمامات التحكم .

ويتشابه النوعان في نظرية عملهما ، ولكن الاختلاف فقط في طبيعة الاستخدام ، فصمامات القدرة تستخدم في التحكم في حركة الأسطوانات والمحركات . أما صمامات التحكم الاتجاهية فتستخدم لإجراء بعض الوظائف الثانوية ستتضح في التمارين الموجودة بالباب الثالث فيما بعد . وعادة يرمز لكل صمام اتجاهي بمستطيل مقسم إلى عدد من المربعات، كل مربع يسمى وضع تشغيل ، ويوضع على المحيط الخارجي لكل وضع تشغيل (مربع) الفتحات الخاصة بالصمام ، ثم تحدد مسارات التدفق في كل وضع بمجموعة من الأسهم تدل على اتجاه التدفق وتستخدم أحرف T للإشارة على أن الفتحة مغلقة، ولا يمر الهواء المضغوط فيها . وعادة توصل خطوط رأسية بفتحات الصمام في الوضع الابتدائي (وهو الوضع الذي يكون عليه الصمام بدون وصول إشارة تشغيل للصمام) ، وهذه الخطوط تمثل خطوط التوصيل مع

الصمام ويسمى الوضع الابتدائي في بعض الأحيان بوضع التعادل . وفيما يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات الاتجاهية .



فالرمز 1 لصمام بوضعين للتشغيل ، وثلاث فتحات ، ويسمى صمام 3/2 .

والرمز 2 لصمام بوضعين للتشغيل وأربع فتحات ، ويسمى صمام 4/2 .

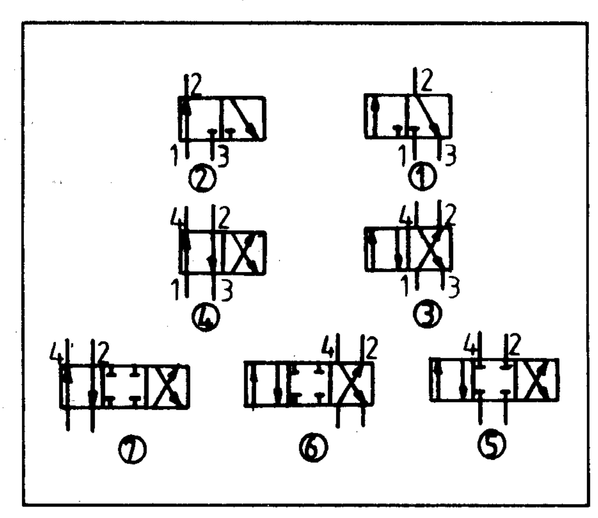
والرمز 3 لصمام بثلاثة مواضع تشغيل وأربع فتحات ، ويسمى صمام 4/3 .

وهناك طريقتان لترقيم فتحات الصمامات الاتجاهية ، إما باستخدام رموز حرفية (طريقة قديمة) ، أو باستخدام رموز عددية (طريقة حديثة) والجدول ٢-٢ يعرض الرموز المستخدمة في هذه الطرق :

الجدول (٢-٢)

وظيفة الوصلة	الترقيم الحرفي	الترقيم العددي
وصلات الأسطوانات	A.B.C. - - -	2.4.6. - - -
وصلة مصدرالهواء	P	1
وصلة التصريف	R.S.T. - - - W	3.5.7.9. - - -
وصلات التحكم	X.Y.Z	12.14.16

وفيـمـا يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصـمـامات في الوضع الطبيعي وأوضاع التشغيل مستخدماً الطريقة الحديثة في الترقيم .



أولاً : **الصمام الاتجاهي 3/2** : الرمز 1 لصمام اتجاهي 3/2 يعمل على الوضع الأيمن ، وفيه الفتحة 1 مغلقة والمسار 3 → 2 مفتوح .

والرمز 2 لصمام اتجاهي 3/2 يعمل على الوضع الأيسر ، وفيه الفتحة 3 مغلقة، والمسار 2 → 1 مفتوح .

ثانياً : **الصمام الاتجاهي 4/2** : الرمز 3 لصمام اتجاهي 4/2 يعمل على الوضع الأيمن ، وفيه المسارات 2 → 1 ، 3 → 4 مفتوحة والرمز 4 لصمام في وضع التشغيل الأيسر وفيه المسارات 4 → 1 ، 3 → 2 مفتوحة .

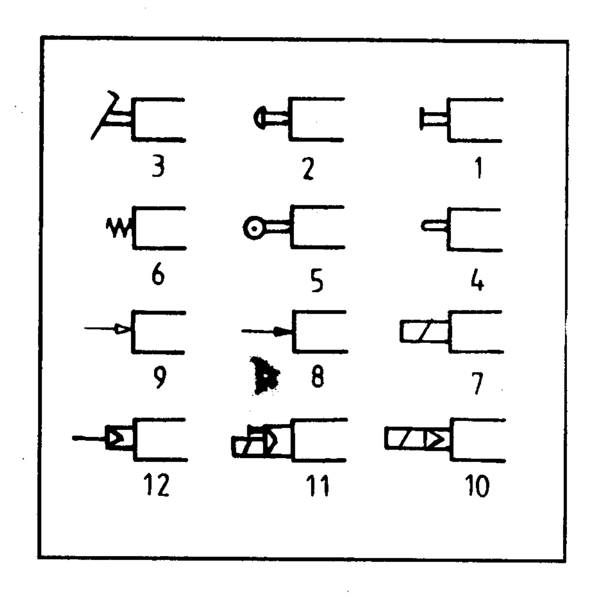
ثالثاً : **الصمام الاتجاهي 4/3** : الرمز 5 لصمام اتجاهي 4/3 يعمل على الوضع المركزي (التعادل) وفيه جميع فتحات الصمام 1,2,3,4 مغلقة

والرمز 6 لصمام في وضع التشغيل الأيمن ، ومسارات التدفق فيه 2 → 1 ، 3 → 4 .

والرمز 7 لصمام في وضع التشغيل الأيسر ومسارات التدفق فيه 3 → 2 ، 4 → 1 .

وعادة يوضع على جانبي المستطيل المعبر عن الصمام وسائل تشغيل الصمام. وفيما يلي رموز الوسائل المختلفة لتشغيل ورجوع الصمامات لأوضاعها الابتدائية تبعاً للمواصفات العالمية وهي كما يلي :

- تشغيل الصمام بذراع يدوي (الرمز 1) .
- تشغيل الصمام بضاغط يدوي (الرمز 2) .
- تشغيل الصمام ببدال يعمل بالقدم(الرمز 3) .
- تشغيل الصمام بخابور ليعمل كنهاية مشوار (الرمز 4) .
- تشغيل الصمام ببكرة دفع ليعمل كنهاية مشوار (الرمز 5) .
- عودة الصمام للوضع الابتدائي (التعادل)بياي (الرمز 6) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي (الرمز 7) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هيدروليكية (الرمز 8) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هوائية (الرمز 9) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي سابق التحكم (الرمز 10) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي سابق التحكم ووسيلة يدوية (الرمز 11).
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط سابقة التحكم (الرمز 12) .



وتنقسم الصمامات الاتجاهية حسب تصميمها إلى :

أ ـ صمامات اتجاهية قفازة Poppet Valves

ب ـ صمامات اتجاهية منزلقة Sliding Spool Valves

جـ ـ صمامات اتجاهية منزلقة ـ قفازة Piston - Poppet Valves

٢-٣-١ الصمامات الاتجاهية القفازة Poppet Valves

تفضل الصمامات الاتجاهية القفازة في الدوائر ذات التدفقات الكبيرة ، وعادة فإن الصمامات القفازة تكون صمامات 2/2 أو 3/2 . ولبناء صمام قفاز 4/2 مثلاً ، يستخدم صمامان قفازان كلاً منهما 3/2 ، ويتم ذلك عند التصنيع وفيما يلي أهم مميزات الصمامات القفازة :

١ ـ سرعة عالية للفتح والغلق .

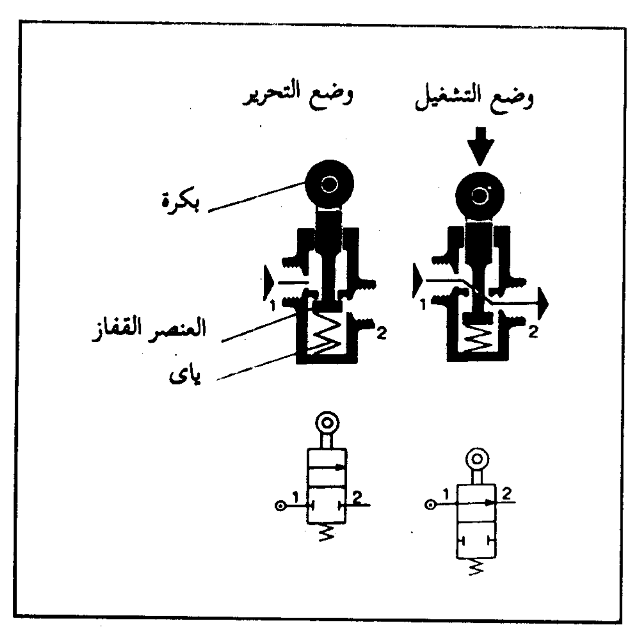
٢ ـ عمرها طويل والتآكل فيها قليل .

٣ ـ لا يحدث فيها تسربات تؤدي لضياع القدرة النيوماتيكية .

٤ ـ لا تحتاج لتزييت .

لكن يعاب على الصمامات القفازة كبر حجمها وعدم تنوع تصميماتها ، ويرجع ذلك لطبيعة تصميم هذه الصمامات .

والشكل ٢-١٢ يعرض قطاعين لصمام 2/2 قفاز يعمل كمفتاح نهاية مشوار ببكرة ، **الأول** في وضع التحرير . **والثاني** في وضع التشغيل وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .



الشكل ٢-١٢

ففي وضع التحرير أي عندما تكون بكرة الصمام غير متعرضة لدفع خارجي، فإن العنصر القفاز يكون مرتكزاً على فتحة مرور الهواء داخل الصمام بفعل قوة دفع الياي ، وبالتالي ينقطع مرور الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 وفي وضع التشغيل أي عند دفع بكرة الصمام نتيجة لمرور كامة

متحركة مثلاً، فإن العنصر القفاز سيتحرك ضد قوة دفع الياي مبتعداً عن فتحة مرور الهواء داخل الصمام ، ويمر الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 .

٢-٣-٢ الصمامات الاتجاهية المنزلقة Sliding Spool Valves :

إن أكثر الصمامات الاتجاهية المستخدمة هي صمامات منزلقة . ويمكن تقسيم الصمامات الاتجاهية المنزلقة إلى :

١ ـ النوع الخطي ويطلق عليه الصمام ذي المكبس Piston Valve .

٢ ـ النوع الدوار ويطلق عليه الصمام ذي القرص Disc Valve .

ويمكن القول بأن النوع الخطي هو الأكثر انتشاراً لمميزاته التالية :

١ ـ بساطة التصميم .

٢ ـ قلة التسربات .

٣ ـ تعدد وسائل التحكم (التشغيل) المستخدمة معها .

٤ ـ صغر القوى اللازمة لتشغيلها .

ويعاب على الصمامات المنزلقة بصفة عامة حدوث تسربات عند الأوضاع التي بها فتحات مغلقة وذلك نتيجة للخلوصات الموجودة بين العنصر المنزلق وجسم الصمام ، والتي تصل إلى 5 : 15 µ m ، علماً بأنه قد عملت تصميمات بوسائل إحكام كافية لمنع التسربات يطلق عليها Packed Spool .

وفي الشكل ٢-١٣ قطاعان لصمام 5/2 بضاغط وياي من النوع الخطي .

القطاع الأول في وضع التحرير (الوضع الابتدائي) (الشكل أ) .

والقطاع الثاني في وضع التشغيل (الوضع الثانوي) (الشكل ب) ، وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .

حيث إن :

جسم الصمام 1

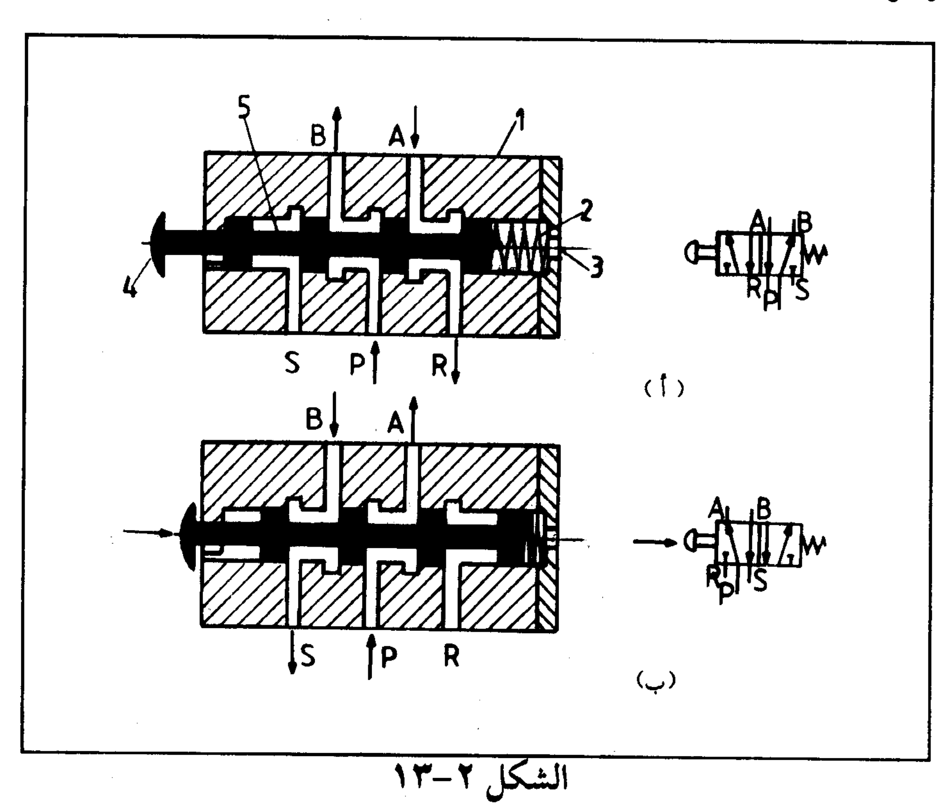
ياى إرجاع العنصر المنزلق 2

فتحة تنفيس 3

ضاغط التشغيل 4

العنصر المنزلق 5

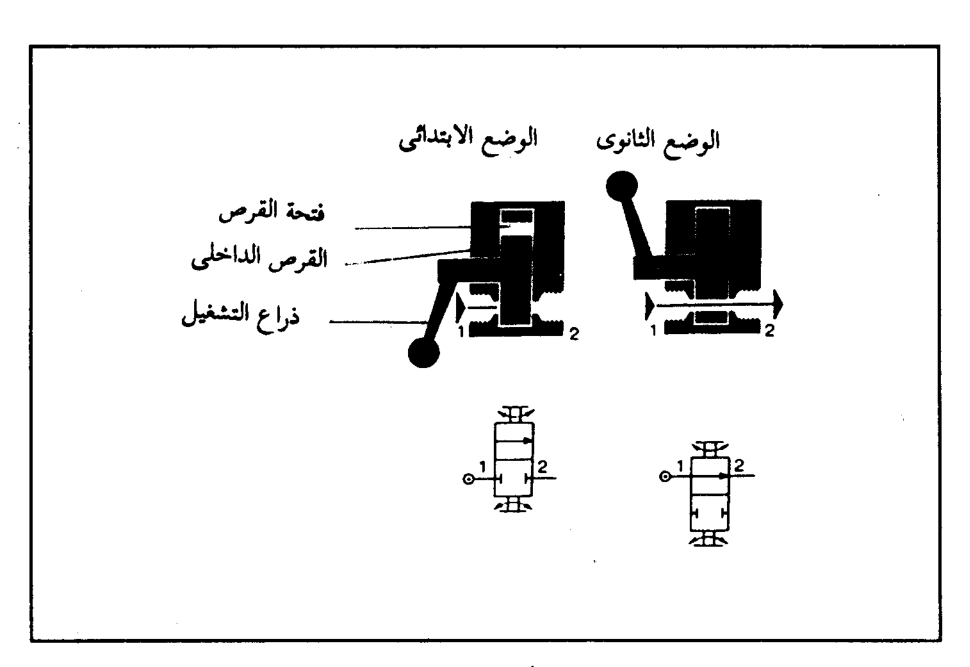
ففي الشكل أ تكون مسارات الهواء المضغوط A → R ، P → B ، وتكون الفتحة S مغلقة وفي الشكل ب تكون مسارات الهواء المضغوط B → s ، P → A وتكون الفتحة R مغلقة .



الشكل ٢-١٣

أما الشكل ٢-١٤ فيعرض قطاعين لصمام من النوع الدوار .

القطاع الأول فى الوضع الابتدائي . **والقطاع الثاني** في الوضع الثانوي ، وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .



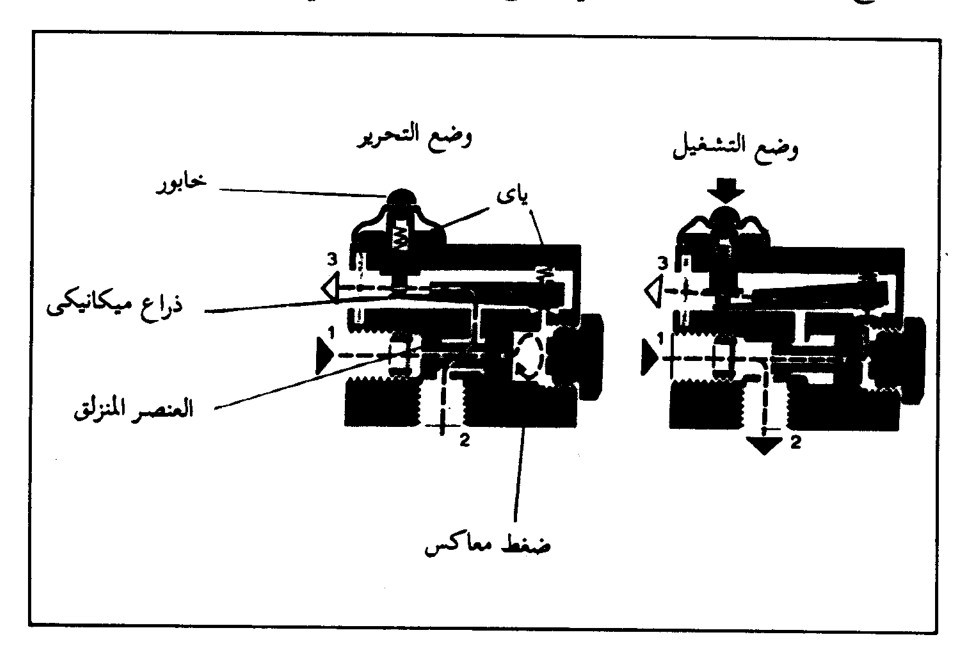
الشكل ٢-١٤

فعند إدارة ذراع تشغيل الصمام يدور القرص الداخلي للصمام فتصبح فتحة القرص في مقابلة الفتحة 1 ، والفتحة 2 ، فيتدفق الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 وهذا يمثل الوضع الابتدائي . وعند إدارة الذراع الدوار في الاتجاه المعاكس يعود الصمام للوضع الابتدائي ، حيث يتغير وضع فتحة القرص فتبتعد عن فتحتي الصمام 2 و 1 ، فينقطع تدفق الهواء في الصمام . والجدير بالذكر إنه يمكن التحكم في تدفق الهواء المار في الصمام المنزلق ذي القرص بإدارة ذراع تشغيل الصمام ، بحيث يفتح مسار الهواء جزئياً

٢-٣-٣ الصمامات الاتجاهية المنزلقة ـ القفازة

من المعروف أنه كلما ازداد حجم الصمام الاتجاهي المنزلق ازدادت القوة اللازمة لتحريك العنصر المنزلق للصمام ، لذلك فإن الصمامات الاتجاهية كبيرة الحجم تكون بتحكم مسبق Pilot Operated ، حيث إن الصمامات الاتجاهية سابقة التحكم تتكون داخلياً من صمامين . **أحدهما** صمام إشارة Pilot Valve ويكون من النوع القفاز **والثاني** الصمام الرئيس Main Valve ويكون من النوع المنزلق .

والشكل ٢-١٥ يعرض قطاعين لصمام 3/2 من النوع المنزلق القفاز يعمل كمفتاح نهاية مشوار . **الأول** في وضع التحرير ، **والثاني** في وضع التشغيل .



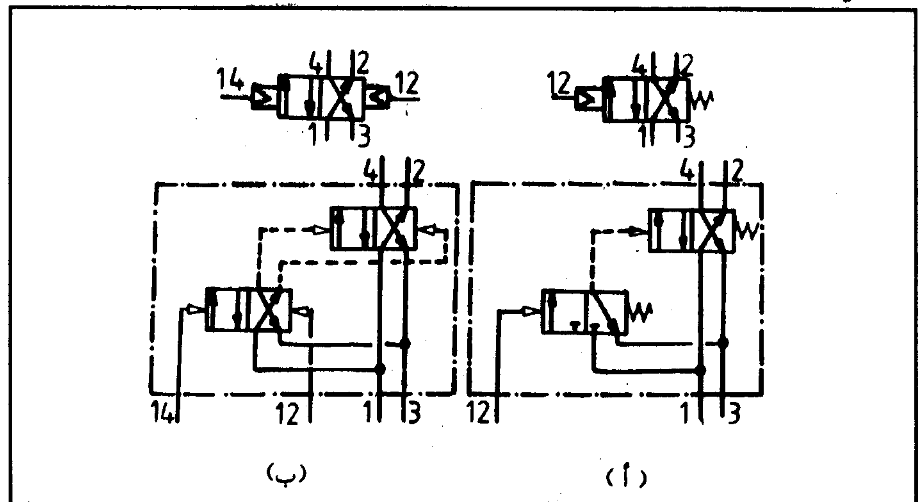
الشكل ٢-١٥

ففي وضع التحرير يكون خابور التشغيل Plunger محرر أي غير متعرض لقوة

دفع ، وبالتالي يتدفق الهواء المضغوط من الفتحة 1 خلال مسار ضيق في العنصر المنزلق ، فيتكون ضغط معاكس في الجانب الأيمن للعنصر المنزلق يعمل على ثبات العنصر المنزلق في الجانب الأيسر للصمام ، وهذا يحدث اتصال بين الفتحتين 2/3 .

وفي وضع التشغيل أي عندما يكون خابور التشغيل واقعاً تحت قوة دفع خارجية يفتح المسار المشكل في الذراع الميكانيكي المرتكز على الياي ، فيمر الهواء المحتجز في الجانب الأيسر للعنصر المنزلق عبر هذا المسار ، فينخفض الضغط المعاكس للعنصر المنزلق ، ويتحرك العنصر المنزلق بفعل ضغط الهواء الموجود بالفتحة A للجانب الأيمن ، ويحدث اتصال بين الفتحتين 2 و 1 .

وفيما يلي الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بإشارة ضغط وياي (الرمز 1) ، وكذلك الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بإشارتي ضغط (الرمز 2) .



ويلاحظ أنه لتمييز الصمامات سابقة التحكم يضاف لرمزها مستطيل يحتوي على مثلث مفرغ بعد وسيلة التشغيل ، سواء كانت إشارة ضغط أو ضاغط يدوى ، أو خابور ، أو بكرة.... إلخ .

٢-٤ الصمامات اللارجعية،والصمامات الخانقة، ومخفضات الصوت

تقوم الصمامات اللارجعية بالسماح للهواء المضغوط بالمرور في اتجاه واحد فقط ، بينما تقوم الصمامات الخانقة بالتحكم في معدل تدفق الهواء المضغوط. وتستخدم عادة للتحكم في سرعة عناصر الفعل النيوماتيكية (أسطوانات ـ محركات هوائية) . أما مخفضات الصوت فتقوم بخفض صوت خروج هواء العادم ، وبالتالي تقلل من الضوضاء المصاحبة لتشغيل الدوائر النيوماتيكية . وفي الفقرات القادمة سنتناول الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة . ومخفضات صوت العادم بمزيد من التفصيل .

٢-٤-١ الصمامات اللارجعية Check Valves

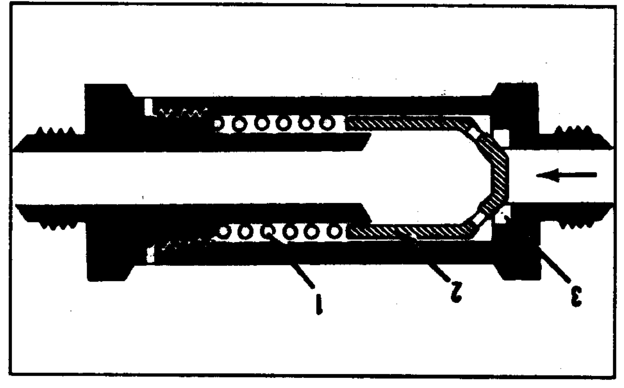
وتقوم هذه الصمامات بالسماح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه واحد ، وتمنع سريانه في الاتجاه الآخر . وهناك نوعان أساسيان من هذه الصمامات وهما كالآتي :

١ـ صمام لارجعي بياي يسمح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه واحد فقط : والشكل ٢-١٦ يعرض قطاعاً لأحد التصميمات المستخدمة لهذا النوع حيث إن

1 ياي الإرجاع

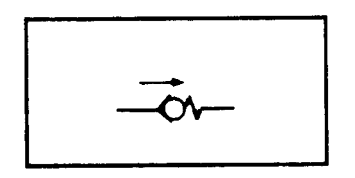
2 مخروط

3 قاعدة الصمام

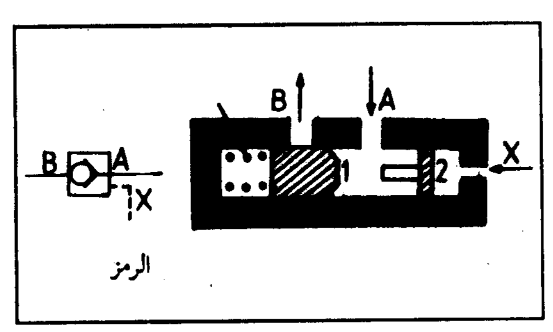


الشكل ٢-١٦

وفيما يلي رمز الصمام اللارجعي ذي الياي



٢ ـ صمام لارجعي بإشارة تحكم : والشكل ٢-١٧ يعرض قطاعاً في صمام لارجعي بإشارة تحكم ورمزه . فعند دخول الهواء المضغوط من الفتحة (A) 1 يدفع مكبس الصمام ليخرج من الفتحة 2 ، أما عند دخول الهواء المضغوط من الفتحة (B) 2 فلن يتمكن من الخروج من الفتحة (A) 1 إلا عند وصول إشارة ضغط هوائية من الفتحة (X) 12 ، حيث يندفع المكبس المساعد دافعاً معه مكبس الصمام .



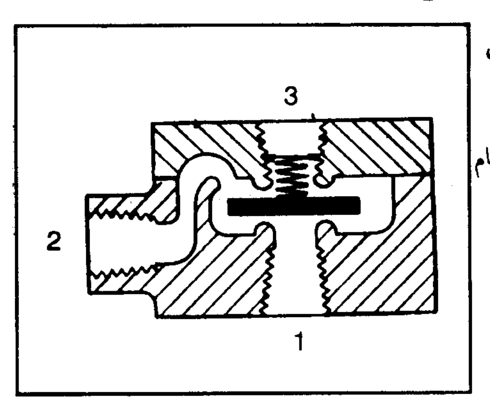
الشكل ٢-١٧

٣ـ صمام تصريف الهواء السريع **Quick exhaust Valve** :

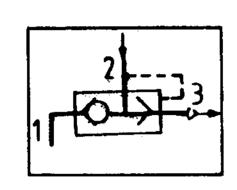
ويقوم هذا الصمام بتقصير مسار الهواء العادم (الفائض) من الأسطوانات بالمرور فيه بدلاً من المرور في الصمامات الاتجاهية من أجل زيادة سرعة الأسطوانات ، وهو يتكون من صمامين لارجعيين ، أحدهما عادي والآخر يعمل بإشارة تحكم موصلين معاً . وفى الشكل ٢-١٨ قطاع لصمام تصريف هواء سريع.

فعند مرور الهواء المضغوط من الفتحة 1 ، يندفع قرص الصمام لأعلى ، ليخرج الهواء المضغوط من الفتحة 2 ، ولكن عند مرور الهواء المضغوط من الفتحة 2، يدفع قرص الصمام لأسفل ليخرج من الفتحة 3 .

وفيما يلي رمز صمام التصريف السريع :



قرص الصمام

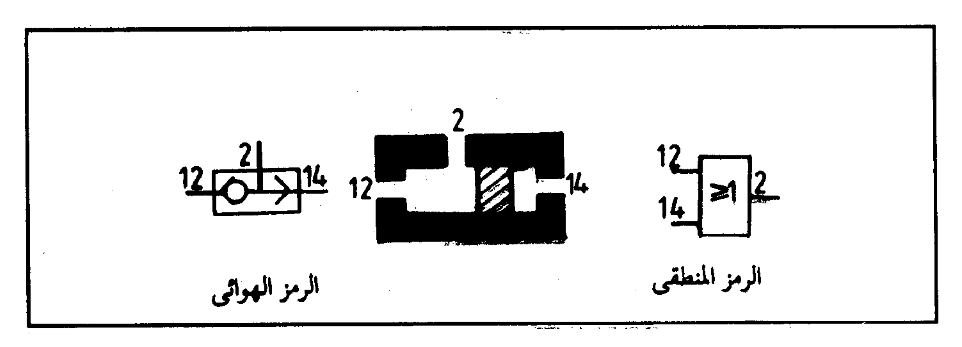


الشكل ٢-١٨

٤ـ الصمام الترددي (بوابة أو) Shuttle Valve

ويتكون هذا الصمام من صمامين لارجعيين عاديين . والشكل ٢-١٩ يعرض قطاعاً في صمام ترددي والرمز المنطقي المكافئ ورمزه الهوائي .

فعند وصول إشارة هوائية للمدخل 12 أو المدخل 14 أو كليهما معاً ، تخرج إشاره ضغط هوائية من المخرج 2 .



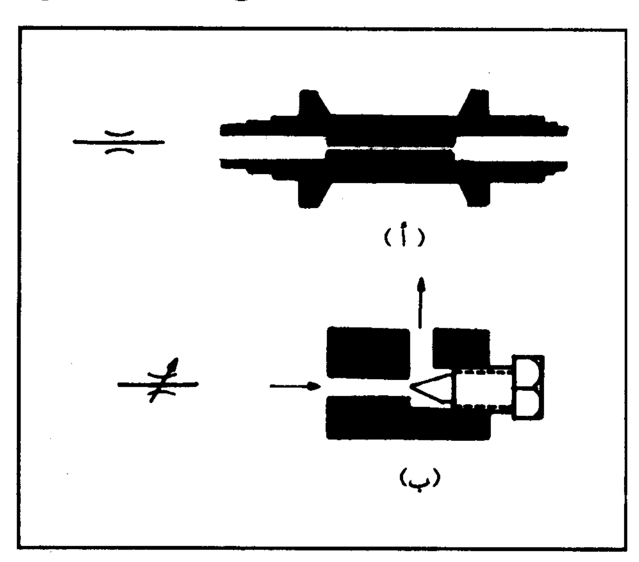
الشكل ٢-١٩

٢-٤-٢ الصمامات الخانقة Restrictor Valves

وتقوم هذه الصمامات بتقليل معدل تدفق الهواء ، وتستخدم هذه الصمامات للتحكم في سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية . وهناك نوعان أساسيان من الصمامات الخانقة موضحة بالشكل ٢-٢٠ وهما كالآتي :

١ ـ صمام بخنق ثابت ، وهو يقوم بخنق الهواء بقيمة ثابتة تعتمد على تصميمه ، ويستخدم في تقليل سرعة الأسطوانات (الشكل أ) .

٢ ـ صمام خانق بخنق قابل المعايرة بوسيلة يدوية ويستخدم أيضاً في تقليل سرعة الأسطوانات بمعدلات مختلفة تعتمد على ضبطه (الشكل ب) .



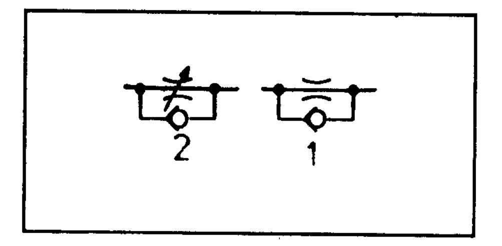
الشكل ٢-٢٠

٢-٤-٣ الصمامات الخانقة اللارجعية Restrictor Check Valves :

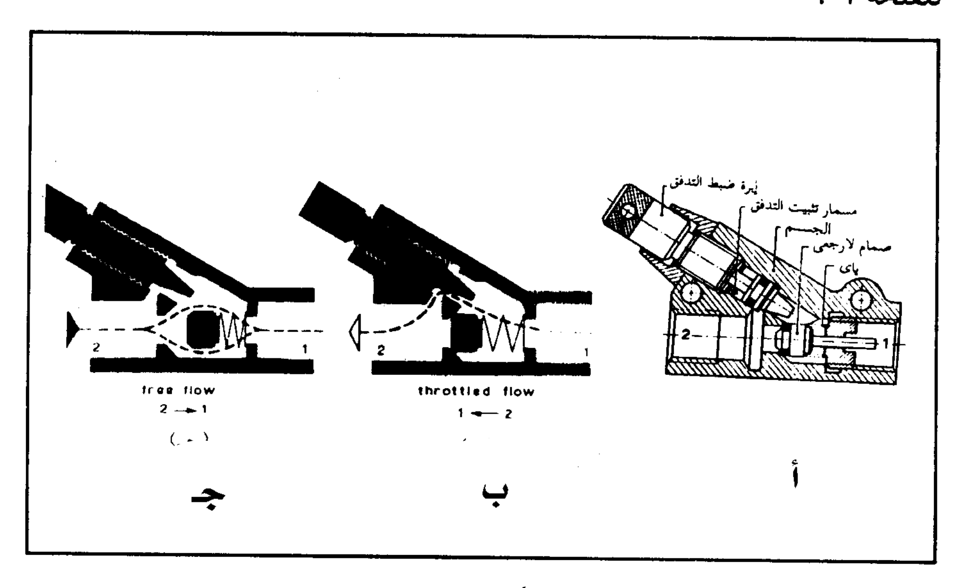
تقوم هذه الصمامات بخنق تدفق الهواء المضغوط في اتجاه واحد فقط ، وتستخدم لتقليل سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية في اتجاه واحد فقط . وفيما يلي رموز هذه الصمامات الخانقة اللارجعية :

الرمز 1 لصمام خانق لارجعي ثابت الخنق .

الرمز 2 لصمام خانق لارجعي قابل المعايرة .



والشكل ٢-٢١ يعرض ثلاثة قطاعات لصمام خانق لارجعي قابل المعايرة . فالشكل أ يعرض قطاعاً لصمام خانق لارجعي قابل المعايرة يوضح تركيبه . والشكل ب يعرض قطاعاً لصمام خانق لارجعي يعمل على خنق تدفق الهواء المار من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 . والشكل جـ يعرض قطاعاً لصمام خانق لارجعي يعمل على إمرار الهواء المضغوط بدون إعاقة عند المرور من الفتحة 2 للفتحة 1 .



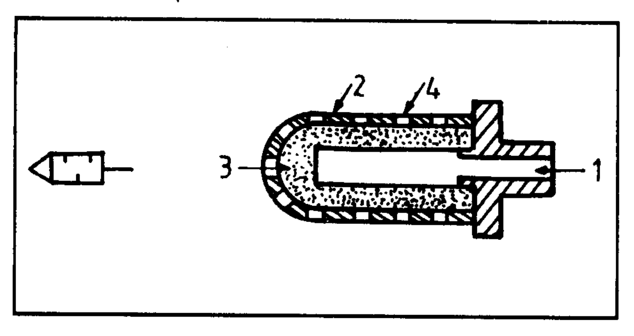
الشكل ٢-٢١

ومن ذلك يتضح لنا أن الصمام الخانق اللارجعي يعمل كما لو كان صمام لارجعي موصل بالتوازي مع صمام خانق كما هو واضح من رمزه .

٢-٤-٤ مخفضات صوت العادم Silencers

تقوم مخفضات صوت العادم بتقليل سرعة هواء العادم (والذي يخرج من الصمامات الاتجاهية من فتحات التصريف 3, 5) ، وبالتالي ينخفض صوت الضوضاء المصاحب لخروج هواء العادم .

والشكل ٢-٢٢ يعرض قطاعاً لمخفض صوت العادم ورمزه .



الشكل ٢-٢٢

وفيما يلي محتويات هذا الشكل

فتحة دخول هواء العادم 1

غطاء مثقب 2

مواد خفض الصوت 3

فتحات خروج هواء العادم 4

ويراعى عند استخدام مخفضات صوت العادم ما يلي :

١ ـ استخدام مخفضات صوت العادم ذات الحجم المناسب بحيث لا يعيق

حركة الهواء الفائض بالدرجة التي تؤثر على سرعة عنصر الفعل (أسطوانة ـ محرك) .

٢ ـ التأكد من عدم انسداد ثقوب مخفض صوت العادم بالزيت والأجسام الغريبة .

٣ ـ استخدام مخفض صوت العادم المناسب لتقليل الضوضاء بالحد المسموح به .

٢-٥ صمامات التحكم في الضغط Pressure Control Valves

هناك أنواع متعددة من صمامات التحكم في الضغط وهي كما يلي :

١ ـ صمامات الأمان (تصريف الضغط) Relief Valves

وتقوم هذه الصمامات بتحديد القيمة العظمى للضغط ، وتستخدم عادة في خزانات الهواء المضغوط لمنع زيادة الضغط داخل الخزان لحدود غير آمنة .

٢ ـ الصمامات التتابعية Sequence Valves

وتقوم هذه الصمامات بالسماح لمرور الهواء المضغوط عند وصول قيمة ضغطه للحد المعاير عليه هذه الصمامات ، علماً بأن الصمامات التتابعية تتشابه مع صمامات تصريف الضغط في التصميم .

٣ ـ صمامات تنظيم الضغط Pressure Regulators

وتقوم هذه الصمامات بتقليل الضغط للحد المطلوب . ويوجد نوعان من صمامات تنظيم الضغط وهما :

أ ـ صمام تنظيم الضغط بدون فتحة تصريف ، ويقوم هذا الصمام بتقليل الضغط عند الحمل (أسطوانة ـ أو محرك) وذلك بقطع تدفق الهواء المضغوط

عن الحمل إذا زاد الضغط عنده بقيمة أكبر من القيمة المعاير عليها الصمام .

ب ـ صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف . وفكرة عمل هذا الصمام أنه عند زيادة الضغط عند الحمل إلى قيمة أكبر من المعاير عليها الصمام ، يقوم الصمام بالسماح بتصريف الضغط الزائد عند الحمل إلى الهواء الجوي ، وبذلك يحدث استقرار للضغط عند الحمل مهما اختلفت الأحمال .

والشكل ٢-٢٣ يعرض قطاعاً في صمام تنظيم الضغط من النوع ذي الغشاء Diaphragm - Controlled وبدون فتحة تصريف .

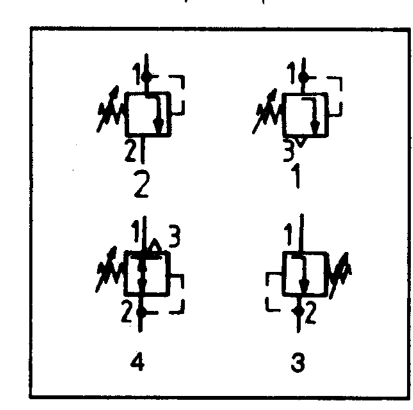
فكرة عمل صمام تنظيم الضغط ذي الغشاء :

يتم ضبط الصمام عند الضغط المطلوب بواسطة اليد A، حيث تدار في اتجاه لزيادة الضغط المعاير عليه الصمام ، وتدار في الاتجاه المعاكس لتقليل الضغط . وعند إدارة اليد A في أحد الاتجاهين يتعدل وضع الياي B للوصول للضغط المطلوب والذي يعرف بواسطة عداد الضغط المرافق لاستخدام صمام تنظيم الضغط ، وفي نفس الوقت تنتقل قوة دفع الياي من خلال الغشاء المطاط C إلى الصمام D مؤدية إلى فتحة بالحد الذي يسمح بالحفاظ على الضغط المطلوب .

الشكل ٢-٢٣

ويمر الهواء من 2 ← 1 ، وعند زيادة الضغط عند المخرج نتيجة لنقصان الأحمال مثلاً تزداد القوة المؤثرة أسفل الغشاء المطاط ، فينبعج الغشاء المطاط c لأعلى دافعاً معه الياي B وصولاً لوضع اتزان جديد ، فيتغير وضع الصمام D بالوضع الذي يسمح بالمحافظة على الضغط عند الفتحة 2 عند الضغط المعاير عليه الصمام .

وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة لصمامات التحكم في الضغط . فالرمز 1 لصمام أمان . والرمز 2 لصمام تتابعي . والرمز 3 لصمام تنظيم ضغط بدون فتحة تصريف . والرمز 4 لصمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف. وصمام الأمان يمرر الهواء في المسار 3 ← 1 فقط ، عندما يصل الضغط عند الفتحة 1 للضغط المعاير عليه الصمام . والصمام التتابعي يمرر الهواء في المسار 1 ← 2 فقط ، عندما يصل الضغط عند الفتحة 1 للضغط المعاير عليه الصمام . وصمام تنظيم الضغط بدون فتحة التصريف يمرر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 في الوضع المعتاد مع تقليل الضغط عند الفتحة 2 بمقدار يعتمد على معايرته، وإذا زاد الضغط عند الفتحة 2 عن القيمة المعاير عليها الصمام ، يقوم الصمام بقطع مرور الهواء المضغوط . أما صمام تنظيم الضغط بفتحة التصريف ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 مع خفض الضغط عند الفتحة 2 بمقدار يعتمد على معايرته ، وإذا زاد الضغط عند الفتحة 2 عن القيمة المعاير عليها الصمام ، يقوم الصمام بتصريف الضغط الزائد إلى الهواء الجوى عبر المسار 2 ← 3 .



ومما سبق نستنتج أن :

مدخل الهواء المضغوط . 1

مخرج الهواء المضغوط للأحمال . 2

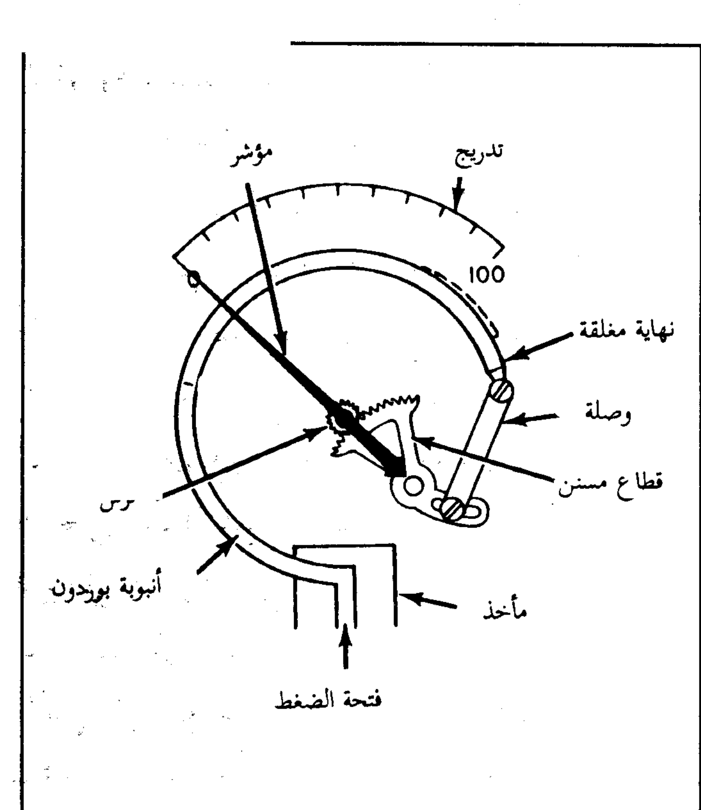
فتحة تصريف الهواء المضغوط للغلاف الجوى . 3

٢ ـ ٦ أجهزة قياس الضغط Pressure Gauges

فى الماضى كان جهاز قياس الضغط يسمى مانوميتر . وفى الشكل ٢ ـ ٢٤ مخطط توضيحى لأحد أجهزة قياس الضغط المعروفة باسم أجهزة بوردون نسبة للمهندس الفرنسى Eugene Bourdon الذى اخترعها .

نظرية عمل الجهاز :

عند اندفاع الهواء المضغوط داخل الأنبوبة الزنبركية (أنبوبة بوردون) ، تتمدد الأنبوبة ويعتمد معدل تمدد الأنبوبة على مقدار ضغط الهواء وتنتقل الحركة إلى المؤشر عن طريق رافعة وقوس مسنن وترس



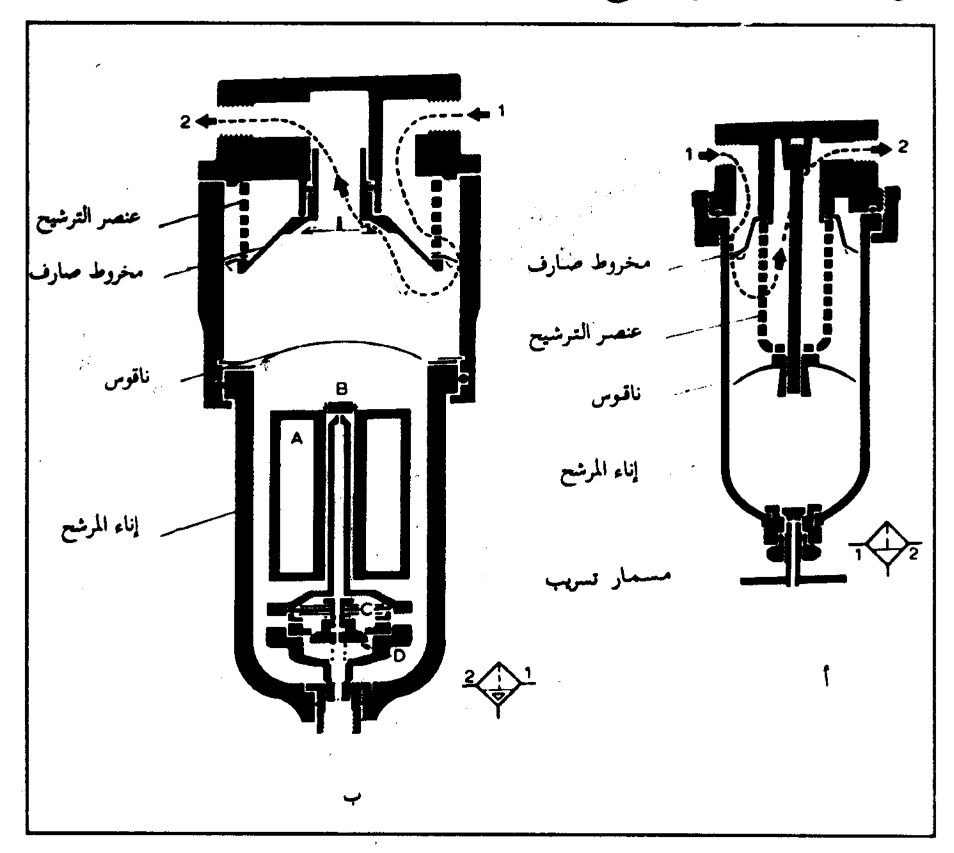
الشكل ٢ – ٢٤

صغير . ويمكن قراءة الضغط المقاس على تدريج الجهاز والذى يكون مدرجاً بوحدة (Bar) أو (Psi) .

٢ ـ ٧ المرشحات المزودة بفواصل ماء : Filters / Separators

فى الحقيقة إن مرشح الهواء الموجود فى مدخل الضاغط لا يقوم بترشيح الهواء الداخل من الأتربة العالقة به كلياً ، بل تبقى بعض الأتربة والتى يتم التخلص منها مع بقايا ذرات الماء باستخدام مرشحات الهواء المزودة بفواصل ماء. وتعد هذه الأجهزة أجهزة مكيانيكية بسيطة يبنى عملها على إدخال الهواء المضغوط داخل مسارات حلزونية لتكوين زوبعه هوائية ينتج عنها تكاثف بخار الماء على الجدار الداخلى لإناء المرشح ومعه القاذورات والتى تتجمع أسفل الإناء، ولا تستطيع قطرات الماء المتكاثفة أن تعود لمسار الهواء المضغوط فى المرشح إلا بعد امتلاء إناء المرشح بالماء ، لذلك يجب التخلص من الماء المتكاثف فى الإناء من حين لآخر يدوياً أو أتوماتيكياً ، وعادة يكون مكان تصريف الماء أسفل إناء المرشح . والشكل ٢ ـ ٢٥أ يعرض قطاعاً لمشرح بفاصل ماء يدوى ، وكذلك رمزه ، فعند دخول الهواء المضغوط من الفتحة 1 يصطدم بالمخروط الحارف ، فتتحول حركته لحركة دورانية ، ثم يمر عبر عنصر الترشيح وصولاً للفتحة 2 ، ويندفع الماء المتكاثف بفعل القوة الطاردة المركزية على الجدار الداخلى لإناء المرشح مع القاذورات العالقة بالهواء المضغوط التى لم تستطع المرور فى عنصر الترشيح ، ويتم التخلص من ناتج التكثيف يدوياً بواسطة مسمار التسريب الموجود فى قاع إناء المرشح ، ويعمل الناقوس الموجود داخل إناء المرشح على منع تسرب الماء المتكاثف مع الهواء المضغوط الخارج . والشكل ٢ ـ ٢٥ ب يعرض قطاعاً لمرشح بفاصل ماء أتوماتيكى . والجدير بالذكر أن نظرية عمل المرشح ذو فاصل الماء الأتوماتيكى لا تختلف عن نظرية عمل المرشح ذو

فاصل الماء اليدوى سوى فى أنه عند وصول مستوى الماء المتجمع فى قاع إناء المرشح لمستوى العوامة A فإن الماء يتصرف أتوماتيكياً ، فعند وصول مستوى الماء لمستوى العوامة A ترتفع العوامة لأعلى فيفتح الصمام B ، فيمر الهواء الضغوط عبر الصمام B ليضغط على الغشاء المطاطى C ، فيفتح الصمام D ، ويندفع الماء المتجمع للخارج ، فينخفض مستوى الماء المتجمع فى قاع الإناء ، وبالتالى ينخفض مستوى العوامة A ، فيغلق الصمام B ، وتباعاً يغلق الصمام D بفعل اليای الخاص به ولكن غلق الصمام D يحتاج لبعض الوقت نتيجة لانحباس بعض الهواء المضغوط الذى يضغط على الغشاء C مما يتيح الفرصة للتخلص من كل الماء المتكاثف فى المرشح .

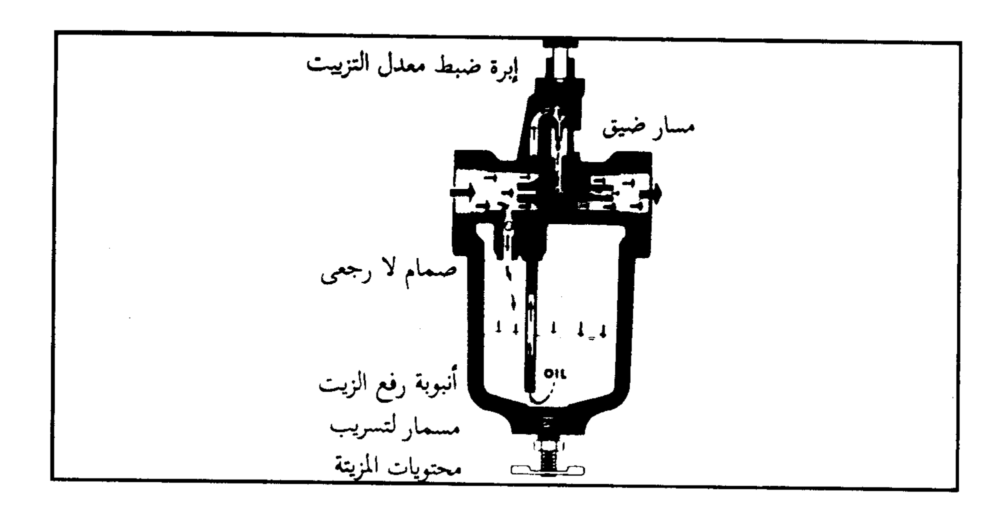


الشكل ٢- ٢٥

٢ ـ ٨ المزيتات Oilers

عادة ينصح بتزييت العناصر والآلات العاملة بالهواء المضغوط بحقن الزيت داخل خطوط الهواء المضغوط بعدالترشيح والتجفيف ، ويتم ذلك باستخدام المزيتات ، وهى أجهزة ميكانيكية بسيطة يبنى عملها على زيادة سرعة تدفق الهواء المضغوط مع تساقط قطرات الزيت عليه ، فيصبح الهواء مشبعاً ببخار الزيت .

وفى الشكل ٢ ـ ٢٦ قطاع لأحد المزيتات المصنعة بشركة Wilkerson Co فعند مرور الزيت المضغوط داخل المزيتة ، فإن بعض الهواء المضغوط يتدفق عبر الصمام اللارجعى ليضغط على سطح الزيت الموجود فى أسفل إناء المزيتة ، فيتدفق الزيت فى أنبوبة رفع الزيت لفونية تقطير الزيت على مسار الهواء المضغوط الضيق الذى يعمل على زيادة سرعة الهواء المضغوط أثناء المرور فيه ، فيتشبع الهواء المضغوط بالزيت ليخرج من المزيتة مشبعاً بالزيت ، وتعتمد درجة تشبع الهواء المضغوط بالزيت على معايرة إبرة ضبط معدل التزييت .



الشكل ٢ - ٢٦

وفيما يلى رمز المزيتة تبعاً للمواصفات القياسية العالمية.



٢ـ ٩ وحدة الخدمة Service Unit

تقوم وحدة الخدمة بإعداد الهواء المضغوط جافاً ونظيفاً وذلك بترشيح الهواء المضغوط من الأتربة العالقة به ، وفصل الماء الموجود فيه ، وكذلك تنظيم ضغط الهواء المضغوط عند أى ظروف تشغيل حتى يناسب عمل أجهزة التحكم الهوائية ، وأخيراً تقوم بتشبيع الهواء المضغوط ببخار الزيت من أجل تزييت الأجزاء المنزلقة داخل عناصر التحكم الهوائية وعناصر الفعل الهوائية ، لحمايتها من التآكل وتتكون وحدة الخدمة من أربعة عناصر هى :

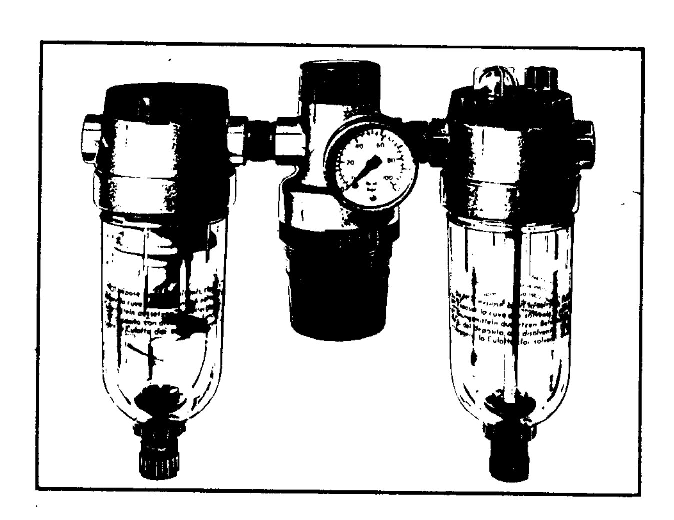
١ ـ مرشح هواء بفاصل ماء Filter / Separator

٢ ـ صمام تنظيم الضغط Pressure Regulator

٣ ـ مزيتة Oiler

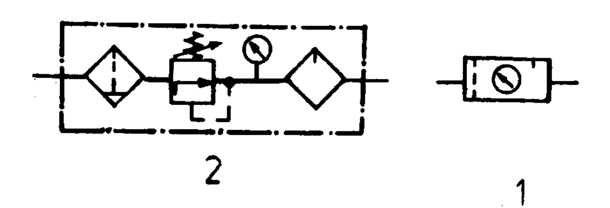
٤ـ عداد قياس الضغط Pressure Gauge

ولقد سبق أن تناولنا هذه العناصر بالتفصيل فى الفقرات السابقة والشكل ٢ ـ ٢٧ يعرض صورة لوحدة خدمة من صناعة « شركه » Spirax Sarco .



الشكل ٢ - ٢٧

وفيما يلى رموز وحده الخدمة . حيث إن الرمز 1 (الرمز المبسط) ، الرمز 2 (الرمز المفصل) وذلك تبعاً للمواصفات القياسية العالمية .



٢ ـ ١٠ البوابات المنطقية والقلابات الهوائية

Air logic gates and flip flops

هناك ثلاثة أنواع من الصمامات التى تقوم بعمل البوابات المنطقية الهوائية وهى :

١ ـ الصمام الاتجاهى 3/2 الذى يعمل بإشارة ضغط ويأى ، وبوضع ابتدائى مغلق ويستخدم كبوابة (AND) هوائية :

٢ – الصمام الترددى (انظر الفقره ٢ ـ ٤) يستخدم كبوابة (OR) هوائية .

٣ ـ الصمام الاتجاهى 2 / 3 والذى يعمل بإشارة ضغط وياى، وبوضع ابتدائى مفتوح بستخدم كبوابة (NOT) هوائية .

٤ ـ الصمام الاتجاهى 2 / 3 والذى يعمل بإشارتى ضغط ، وبوضع ابتدائى مغلق يستخدم كقلاب هوائى بمخرج واحد .

٥ ـ الصمام الاتجاهى 4/2 والذى يعمل بإشارتى ضغط يستخدم كقلاب هوائى بمخرجين متعاكسين .

والشكل ٢ ـ ٢٨ يعرض الرموز العالمية لهذه الصمامات ومكافئها المنطقى .

نظرية عمل بوابة (AND) الهوائية (أ) :

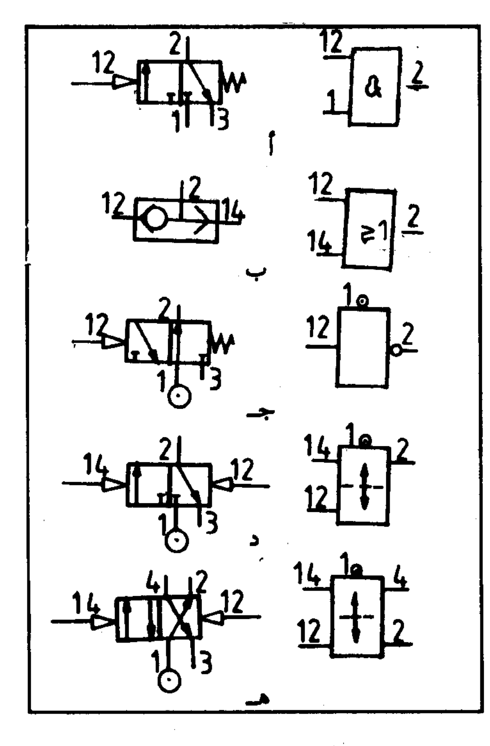
عند وصول إشارة ضغط من المدخلين 12,1 تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} . P_1 = P_2$$

حيث إن P_{12} تعنى 12 port أى المدخل 12 ، P_1 تعنى المدخل1، وp2 تعنى المخرج 2.

نظرية عمل بوابة (OR) الهوائية (ب):

عند وصول إشارة ضغط من المدخل 12 أو المدخل14 أو كليهما،



الشكل ٢ – ٢٨

تخرج إشارة من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} + P_{14} = P_2$$

نظرية عمل بوابة (NOT) الهوائية (ج) :

فى الوضع الطبيعى تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، وعند وصول إشارة ضغط للمدخل 12، ينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} = \overline{P}_2$$

نظرية عمل القلاب ذات المخرج الواحد الهوائى (د) :

عند وصول إشارة ضغط للمدخل 14 حتى ولو للحظة ، تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 للقلاب ، ويستمر الوضع هكذا إلى أن تصل إشارة ضغط للمدخل 12 حتى ولو للحظة فينقطع خروج الهواء من المخرج 2 .

نظرية عمل القلاب الهوائى ذى المخرجين (هـ) :

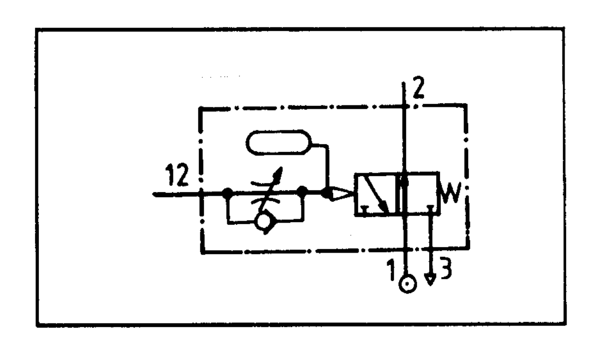
عند وصول إشارة ضغط ولو للحظة للمدخل 14 ، تخرج إشارة ضغط من المخرج 4 ، وينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 2 ، ويستمر الوضع هكذا إلى أن تصل إشارة ضغط للمدخل 12 ،. فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2، وينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 4 .

٢ ـ ١١ صمامات التأخير الزمنى الهوائية Time delay valves

يوجد أنواع كثيرة من صمامات التأخير الزمنى الهوائية نذكر منها :

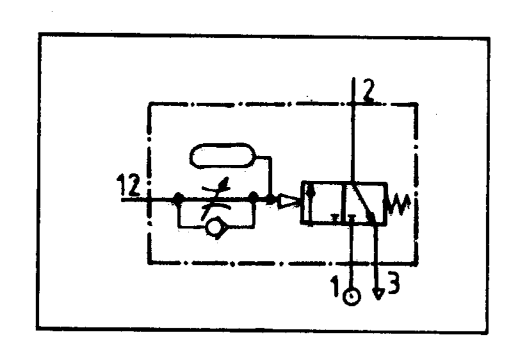
أ ـ صمام تأخير زمنى بوضع ابتدائى مفتوح : ويتكون هذا المؤقت من صمام 3/2 يعمل بإشارة ضغط وياى إرجاع (بوضع ابتدائى مفتوح) وصمام

خانق لارجعى وخزان هواء صغير . وفيما يلى رمز هذا الصمام :



نظرية عمل الصمام : فى الوضع الابتدائى يمر هواء المصدر فى المسار 2 ←1 وعند صول إشارة الضغط لوصلة التحكم 12 ، يتدفق الهواء من خلال الصمام الخانق اللارجعى ببطء إلى الخزان ، وعند وصول الضغط داخل الخزان إلى ضغط التشغيل للصمام الاتجاهى (بعد زمن يعتمد على معايرة الصمام الخانق اللارجعى) تصل إشارة ضغط قوية إلى مدخل التحكم للصمام الاتجاهى لصمام التأخير الزمنى ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائى للوضع الثانوى ، فيتغير مسار الهواء ليخرج هواء العادم من المسار 3 ← 2 ويغلق مدخل الهواء المضغوط 1.

ب ـ صمام التأخير الزمني بوضع ابتدائي مغلق : ويتكون هذا المؤقت من صمام 3/2 يعمل بإشارة ضغط وياي إرجاع (بوضع ابتدائي مغلق) ، وصمام خانق لارجعي وخزان هواء صغير وفيما يلي رمز هذا الصمام .



نظرية التشغيل :

في الوضع الطبيعي يمر هواء العادم في المسار 3 ← 2 ، بينما تكون فتحة هواء المصدر 1 مغلقة ، وعند وصول إشارة ضغط إلى الوصلة 12 يتدفق الهواء المضغوط من خلال الصمام الخانق اللارجعي ببطء ويعتمد معدل التدفق على معايرة الصمام الخانق ، فيمتلئ الخزان بعد تأخير زمني T ، وفي هذه الحالة يكون الضغط داخل الخزان كافٍ لتغيير وضع التشغيل للصمام الاتجاهي من الوضع الابتدائي إلى الوضع الثانوي ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 ← 1، وتغلق وصلة العادم (الفائض) 3 .

٢-١٢ العدادات الهوائية Air Counters :

هناك نوعان أساسيان من العدادات الهوائية وهي كالآتي :

أ ـ عداد هوائي تصاعدي Up Air Counter :

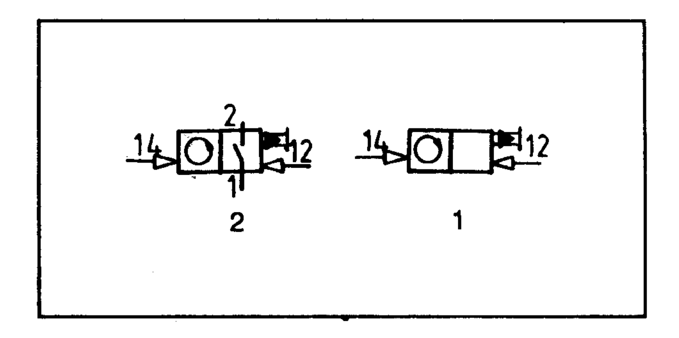
حيث يزداد العدد المعروض بالعداد بواحد كلما وصلت نبضة هواء مضغوط للمدخل 14 ، ويمكن تحرير العداد أي إعادة العدد المعروض بالعداد للصفر إما يدوياً أو أوتوماتيكياً بوصول إشارة ضغط للمدخل 12 .

ب ـ عداد هوائي تنازلي Down Air Counter :

ولكى يعمل هذا العداد يجب تحميله في البداية بعدد معين بوسيلة يدوية

معدة لذلك ، وبعد التحميل يفتح مسار العداد 2 → 1 ، ويقل العدد المعروض بمقدار واحدكلما وصلت نبضة ضغط للمدخل 14 ، هكذا إلى أن يصل العدد المعروض في العداد إلى الصفر ، وفي هذه الحالة يغلق المسار 2 → 1 ، فينقطع مرور الهواء في هذا المسار .

ويمكن إعادة العدد المخزن في العداد (بالوسيلة اليدوية) أو في بداية التشغيل وذلك بوصول إشارة ضغط للمدخل 12 ، أما إذا كان المطلوب هو معايرة العداد بعدد آخر ، فتستخدم الوسيلة اليدوية مرة أخرى ، وفيما يلي رموز العدادت الهوائية (غير قياسية) حيث إن الرمز 1 لعداد تصاعدي، والرمز 2 لعداد تنازلي.



٢-١٣ الموديلات المنطقية Logic Modules :

استخدمت في الماضي صمامات اتجاهية صغيرة الحجم ، تصل أقطارها إلى 1/4 بوصة بغرض التحكم في العمليات المتعاقبة (وهي العمليات التي تتكون من مجموعة من المراحل المتتالية بحيث تنتهي مرحلة وتبدأ مرحلة أخرى) . ولكن كان ذلك مكلفاً جداً ، بالإضافة إلى استهلاك كمية كبيرة من الهواء المضغوط في أنظمة للتحكم العاملة بهذه الصمامات ، بل وكانت هذه الأنظمة كبيرة الحجم ، مما أعاق المهندسين عن تصميم وحدات تحكم صغيرة في

الحجم قادرة على التحكم في العمليات المتعاقبة . وشجع ذلك الشركات على محاولة الوصول لحل لهذه المشكلة ، إلى أن قامت بتصنيع صمامات اتجاهية تصل أقطارها إلى 1/16 بوصة ، ولكن هذا لم يكن الحل الأمثل .

وفي بداية السبعينيات ظهرت عناصر التحكم المنطقية مثل :

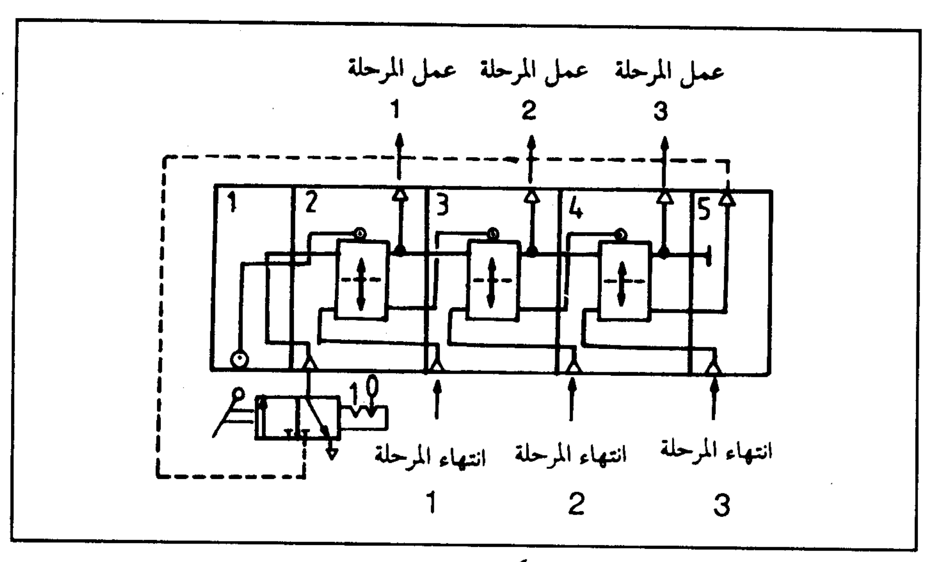
AND, OR, NOT, yes

واستخدمت هذه العناصر في التحكم التتابعي بدلاً من صمامات الإشارة الصغيرة الحجم ، ولكن كان استخدام هذه العناصر في التحكم يحتاج لمعرفة شديدة بالمنطق والمعادلات المنطقية وطرق تبسيطها بالإضافة إلى أن استخدامها كان يحتاج وصلات كثيرة وأدوات توصيل كثيرة .

وأخيراً تمكنت الشركات المصنعة من تصنيع الموديولات المنطقية وهي وحدات صغيرة . ويمكن تفصيل نظام التحكم الملائم للعملية الصناعية التعاقبية باختيار أنواع الموديولات المطلوبة ، وكذلك أعدادها ، بل وشجع على استخدام هذه الموديولات إمكانية استخدامها بدون الحاجة لمعرفة جيدة بالجبر المنطقي والمعادلات المنطقية وطرق تبسيطها كما كان في السابق ، وكذلك سرعة التنفيذ ، وقلة الأدوات المستخدمة . ولقد اختلفت تكنلوجيات صناعة الموديولات المنطقية من شركة لأخرى مع اتفاق الأساس العلمي لهم .

وعادة فإن هذه الموديولات تثبت على قضبان (أوميجا) تماماً مثل عناصر التحكم الكهربية ، وتوضع هذه الموديلات داخل لوحات مغلقة .

والشكل٢ – ٢٩ يعرض رمز وحدة تحكم تتكون من خمسة موديولات منطقية.



الشكل ٢ - ٢٩

التعريف بالموديولات المنطقية لوحدة التحكم الموضحة بالشكل ٢-٢٩ .

الموديول 1 موديول بداية Input End Base Module

الموديول 2,3,4 موديولات ذاكرة Memory Modules

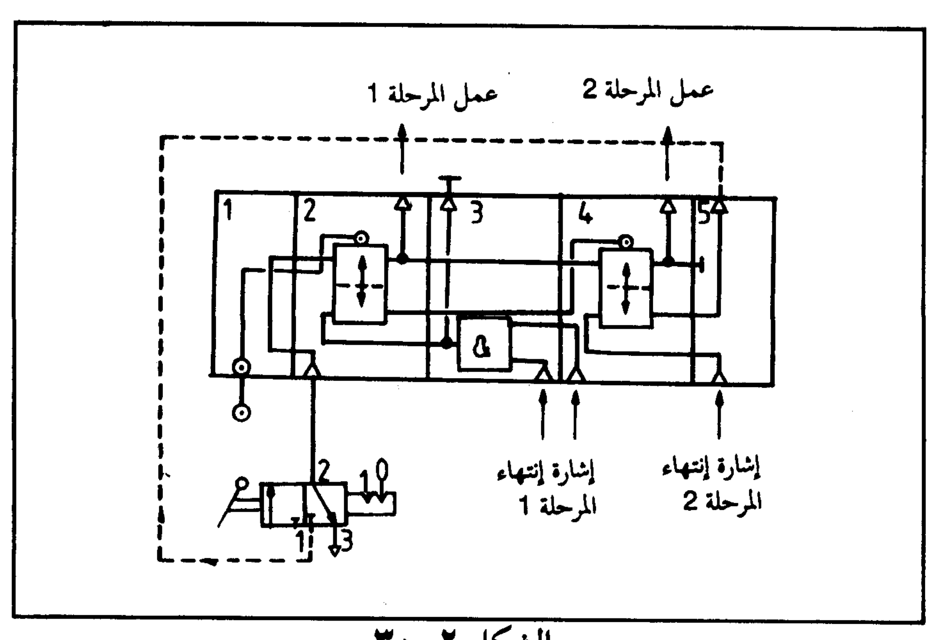
الموديول 5 موديول نهاية Output Base End Module

وعادة يوضع موديول البداية في بداية وحدة التحكم ، وموديول النهاية في نهاية وحدة التحكم ويوصل مخرج موديول النهاية مع مدخل موديول الذاكرة الأول من خلال صمام 3/2 بذراع تشغيل بوضعين O,1 للتحكم في تشغيل وإيقاف وحدة التحكم . وتستخدم وحدة التحكم للتحكم في العمليات الصناعية ذات المراحل المتتالية . فعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الثالثة للعملية الصناعية لمدخل موديول النهاية 5 ، تخرج إشارة عمل المرحلة الأولى من مخرج موديول الذاكرة 2 ، وعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الأولى للعملية الصناعية لمدخل موديول الذاكرة 3 ، تخرج إشارة عمل المرحلة الثانية من مخرج موديول

الذاكرة 4 ، وبعد انتهاء المرحلة الثانية تصل إشارة انتهاء هذه المرحلة لمدخل موديول الذاكرة 4 ، فتخرج إشارة عمل المرحلة الثالثة من مخرج موديول الذاكرة 3 ، وعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الثالثة لمدخل موديول النهاية 5 ، تتوقف العملية الصناعية إذا كان صمام التشغيل ذي الوضعين على وضع O ، بينما تتكرر دورة التشغيل من جديد إذا كان الصمام مازال على وضع 1 .

والجدير بالذكر أن وحدة التحكم المكونة من مجموعة من الموديولات المنطقية يطلق عليها أحياناً متعاقب خطوي Stepper Sequencer . وهناك أنواع أخرى من الموديولات المنطقية مثل موديول (و) AND Module ، وموديول (أو) OR Module .

والشكل ٢-٣٠ يعرض رمز وحدة تحكم (متعاقب خطوي) مكونة من خمسة موديولات .



الشكل ٢-٣٠

التعريف بالموديولات المنطقية لوحدة التحكم (المتعاقب الخطوي) الموضح بالشكل السابق :

الموديول 1 موديول بداية .

الموديولات 2,4 موديولات ذاكرة .

الموديول 3 موديول و (AND) .

الموديول 5 موديول نهاية .

ويستخدم هذا المتعاقب الخطوي للتحكم في عملية صناعية مكونة من مرحلتين ، المرحلة الثانية لاتبدأ إلا بعد وصول إشارتين مختلفتين للدلالة على انتهاء المرحلة الأولى .

٢-١٤ المجسات التقاربية الهوائية Air Proximity Sensors :

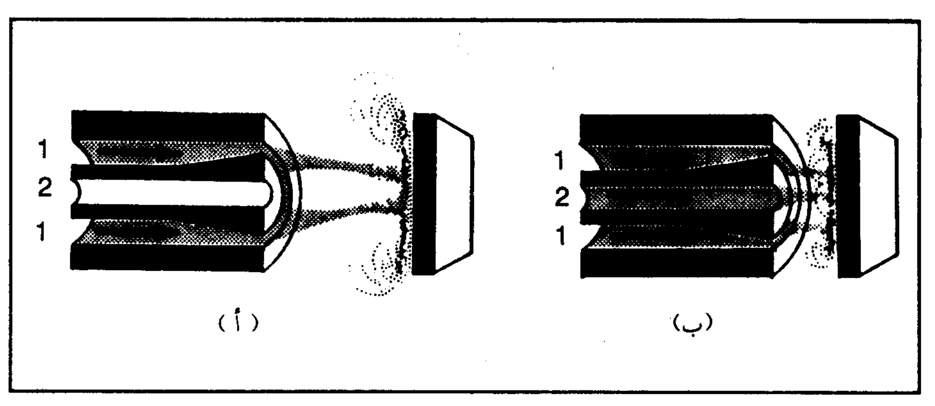
تستخدم الأجهزة التقاربية الهوائية والتي تعمل عند تقارب الأجسام في التطبيقات التي تتعامل مع المنتجات الخفيفة والتي لايمكن لها دفع بكرة صمامات نهايات المشوار الهوائية ، وكذلك عندما يكون مطلوب دقة متناهية في الإحساس بالموضع وتعمل عادة هذه الأجهزة عند ضغوط منخفضة جداً تصل إلى O.1 Bar .

وهناك عدة أنواع من هذه الأجهزة نذكر منها ما يلي :

١ ـ المجسات الانعكاسية Reflex Sensors

الشكل ٢-٣١ يعرض قطاعين لمجس انعكاسى ، مرة عند اقتراب جسم غريب خارج نطاق عمل المجس (الشكل أ) ، ومرة أخرى عند اقتراب جسم غريب داخل نطاق عمل المجس (الشكل ب) .

ويمر هواء المصدر في هذه المجسات من المدخل 1 ، وعند اقتراب جسم غريب من المجس في نطاق مدى الإحساس لهذا المجس ينعكس الهواء الخارج من المجس عند اصطدامه بالجسم الغريب ليرتد مرة أخرى من الفتحة 2 .

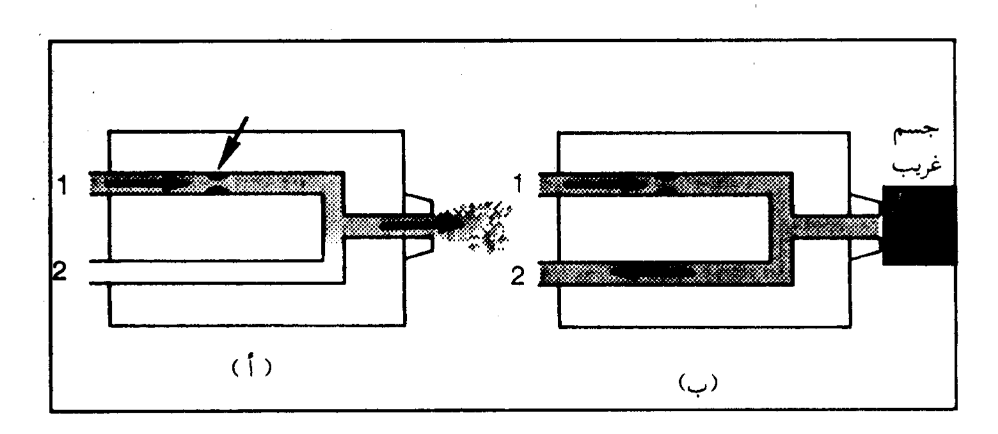


الشكل ٢-٣١

٢ ـ المجسات ذات الضغط الخلفي Back Pressure Nozzles :

بالشكل ٢-٣٢ قطاعان لمجس ذات ضغط خلفي مرة في الوضع الطبيعي (أ) وعند اقتراب جسم غريب (ب) . وكما هو واضح من هذا الشكل أن الهواء المضغوط الداخل للمجس من الفتحة 1 سيرتد ليخرج من الفتحة 2 بمجرد اقتراب جسم غريب .

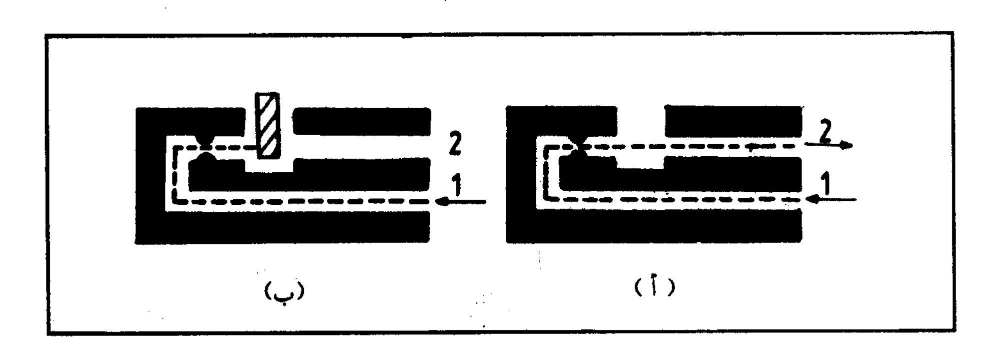
ملاحظة : المجسات ذات الضغط الخلفي تعمل عند ضغوط تتراوح ما بين (O.1 : 8 Bar) وتستخدم كنهايات مشوار للأسطوانات .



الشكل ٢ – ٣٢

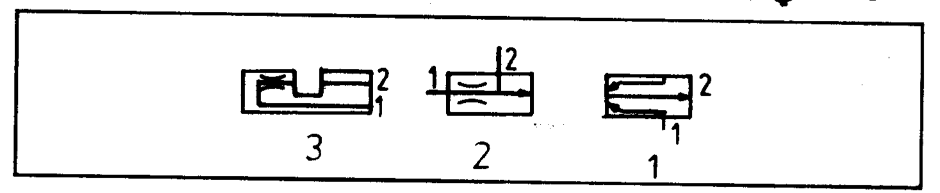
٣ ـ المجسات ذات الفجوة الهوائية Air gap Sensor :

الشكل ٢-٣٣ يعـرض قطاعـين لمجس بفجـوة هـوائية في الوضع الطبيعي (الشكل أ) وعند اقتراب جسم غريب (الشكل ب) ، وكـما هو واضح من هذا الشكل أن الهـواء المضـغوط الداخل للمـجس من الفـتحة 1 لا يصـل إلى الفتحة 2 عند مرور جسم غريب داخل الفجوة الهوائية ، علماً بأن طول الفجوة الهوائية حوالي عدة مليمترات .



الشكل ٢ – ٣٣

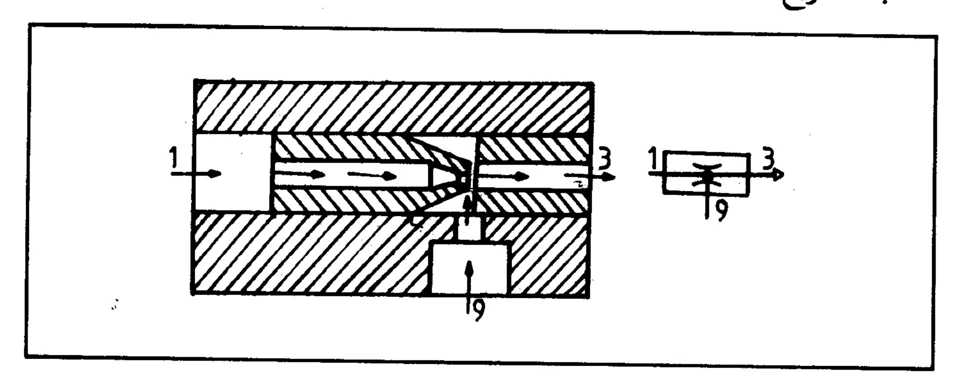
وفيما يلي رموز المجسات التقاربية الهوائية (غير قياسية) .



حيث إن الرمز 1 هو رمز مجس انعكاس ، والرمز 2 هو رمز مجس بضغط خلفي ، والرمز 3 هو رمز مجس بفجوة هوائية .

٢-١٥ التفريغ Vacuum :

إنه من الطبيعي في التحكم النيوماتيكي أن نجد العناصر التي تعمل بالهواء المضغوط جنباً إلى جنب مع عناصر التفريغ الهوائية، خصوصاً عند تداول المواد، ويمكن الحصول على تفريغ بواسطة إما مضخة التفريغ Vacuum Pump ، ولكنها مكلفة جداً ، وإما باستخدام فونية سحب التفريغ Vacuum Suction Nozzle والتي تعمل بالهواء المضغوط . والشكل ٢-٣٤ يعرض قطاعاً في فونية سحب التفريغ.



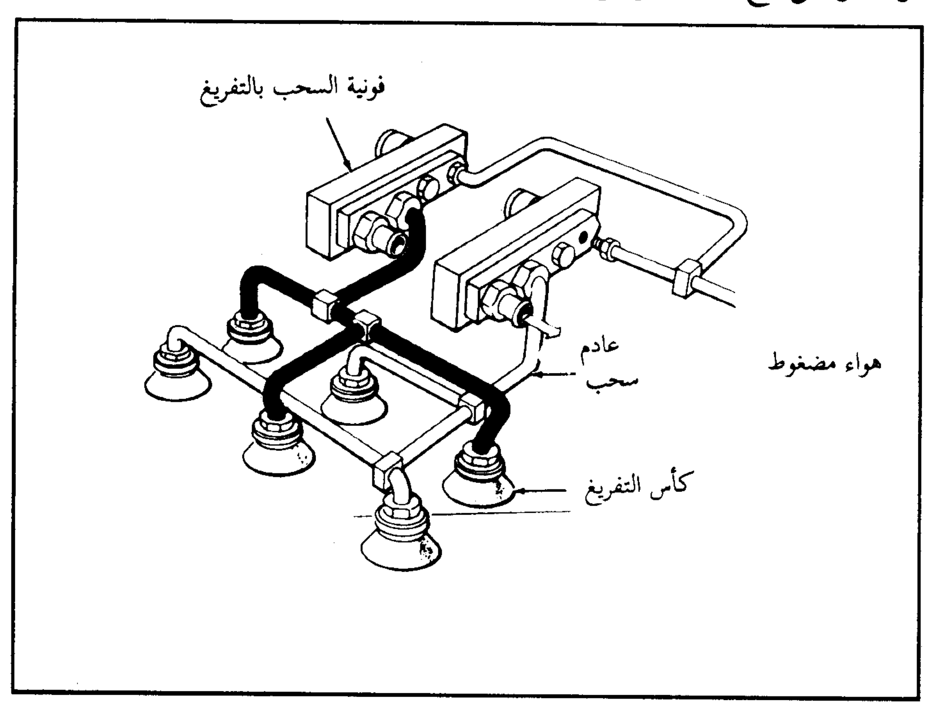
الشكل ٢ - ٣٤

نظرية العمل : عند تغذية هذه الفونية بهواء مضغوط يتراوح ضغطه ما بين

(1.5 : 10 Bar) من الفتحة 1 ، تزداد سرعة الهواء المضغوط نتيجة لتصميم مسار الهواء داخل الفونية ، ويخرج الهواء بعد ذلك من الفتحة 3 ، وينتج عن ذلك حدوث تفريغ عند الفتحة 9 ، يعتمد قيمته على ضغط الهواء المضغوط المار داخل الفونية ، ولكن بمجرد انقطاع مصدر الهواء المضغوط عن فونية السحب بالتفريغ ينقطع التفريغ في الحال .

ملاحظة : عادة توصل الفتحة 9 بكأس سحب Vacuum Cup ، حيث يستخدم هذا الكأس في تداول المواد على سبيل المثال نقل صندوق من مكان لآخر مستخدماً كأس السحب ، أو نقل لوح خشب أو صاج من مكان لآخر أيضاً باستخدام كأس السحب وهكذا .

والشكل ٢-٣٥ يعرض وحدة رفع تتكون من فونيتي سحب تفريغ ، كل فونية توصل مع ثلاثة كؤوس .



الشكل ٢ - ٣٥

٢-١٦ موانع التسريب والحشو Seals and Packings :

يمكن تقسيم موانع التسريب إلى قسمين هامين وهما :

١ ـ موانع تسريب توضع بين جسمين يتحرك أحدهما بالنسبة للآخر ، وتسمى بالحشو Packing ، أو موانع التسريب الديناميكية Dynamic Seals .

٢ ـ موانع تسريب توضع بين جسمين ثابتين وتسمى بالجوانات Gaskets ، أو موانع التسريب الإستاتيكية Static Seals . ويوجد أنواع مختلفة من الجوانات مثل جوانات النوبرين Neoprene Gaskets ، وجوانات الفلين Cork Gasket ، وجوانات المطاط الصناعي ، والجوانات المعدنية .

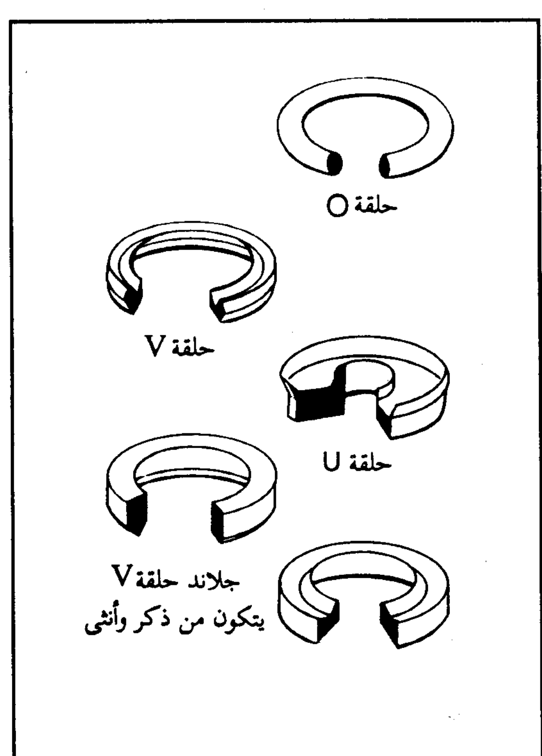
وتختار المواد المصنع منها موانع التسريب المختلفة بناء على عوامل مثل : الضغط ودرجة الحرارة ونوع المائع ونوع الحركة ، وهناك أنواع مختلفة من هذه المواد مثل: الجلد ـ المطاط الصناعي ـ المطاط الطبيعي ـ الفلين ـ الإسبستس ـ التيفلون ـ المعادن .

٢-١٦-١ الحشو Packings :

يستخدم الحشو كموانع تسريب في الأسطوانات والمحركات والصمامات ... إلخ ، ويوجد عدة أشكال مختلفة للحشو مثل حلقة O وحلقة مربعة . وحلقة V وحلقة U وحلقة H وحلقة D وحلقة C وحلقة Δ ..... إلخ ، ولكلٍ له استخداماته. والشكل ٢-٣٦ يعرض بعض هذه الأنواع .

وتستخدم هذه الأنواع المختلفة إما كحشو للمكابس كالمستخدمة في الأسطوانات والصمامات المنزلقة والمحركات الهوائية المكبسية والضواغط . وإما كحشو للأعمدة كالمستخدمة في أعمدة الأسطوانات والصمامات .... إلخ .

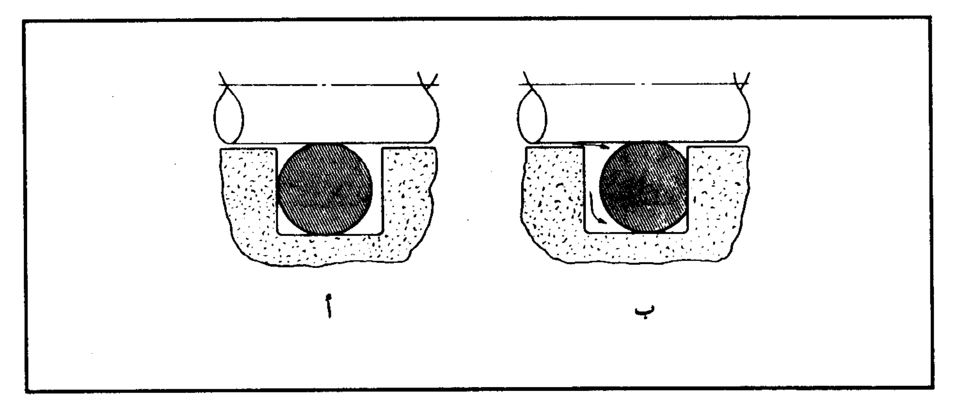
وحتى يتسنى لنا استيعاب ذلك سنتناول أهم أنواع الحشو بمزيد من التفصيل .



الشكل ٢ - ٣٦

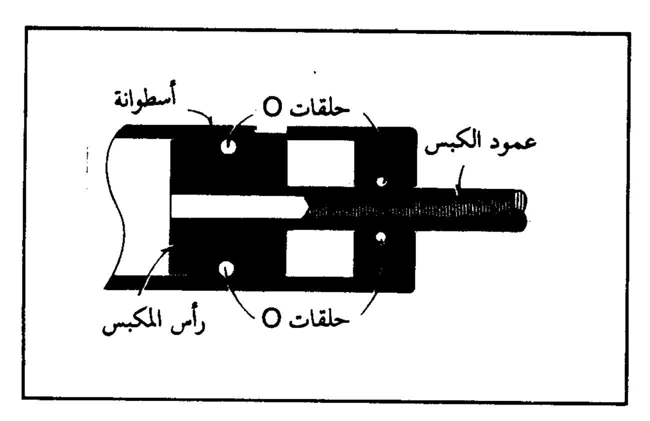
١ ـ حلقات O : O Rings

توضع هذه الحلقات في تجويفات لها مقاطع مستطيلة ، وهذه الحلقات تمنع التسريب الداخلي والخارجي . والشكل ٢-٣٧ يوضح فكرة عمل هذه الحلقات . لمنع التسريب . فالرسم أ يوضح شكل الحلقة O بدون تأثير أي ضغوط عليها . أما الرسم ب فيوضح شكل الحلقة O عند تعرضها لضغط من الهواء المضغوط المار في الخلوص الأيسر بين العمود والجسم المثبت فيه الحلقة ، وبالتالي لن يحدث تسرب للهواء المضغوط .



الشكل ٢ - ٣٧

وتستخدم حلقات O كموانع تسريب للمكابس والأعمدة وهذا موضح بالشكل ٢-٣٨ .



الشكل ٢-٣٨

ولاستبدال حلقة O قديمة يجب استبدالها بأخرى لها نفس المواصفات من حيث المقاس ونوع المادة . وعادة فإن جميع الأسطح التي تلامس حلقة O يجب أن تكون مزيتة ، حيث إن هذه الحلقات تتآكل بسرعة إذا لم تكن تزيت بالطريقة السليمة . وهناك بعض العلامات الدالة على تلف حلقات O وهي كالآتي :

١ ـ وجود تشققات بها .

٢ ـ وجود شروخ على السطح الداخلي أو الخارجي لها .

٣ ـ التصاق أجسام غريبة بها .

ويمكن بسهولة اكتشاف ذلك بواسطة مط حلقة O بأصبعين مع عدم تعدي حدود المرونة لها .

وعادة لا تستخدم حلقات O في الاستخدامات التالية :

١ ـ العجلة العالية .

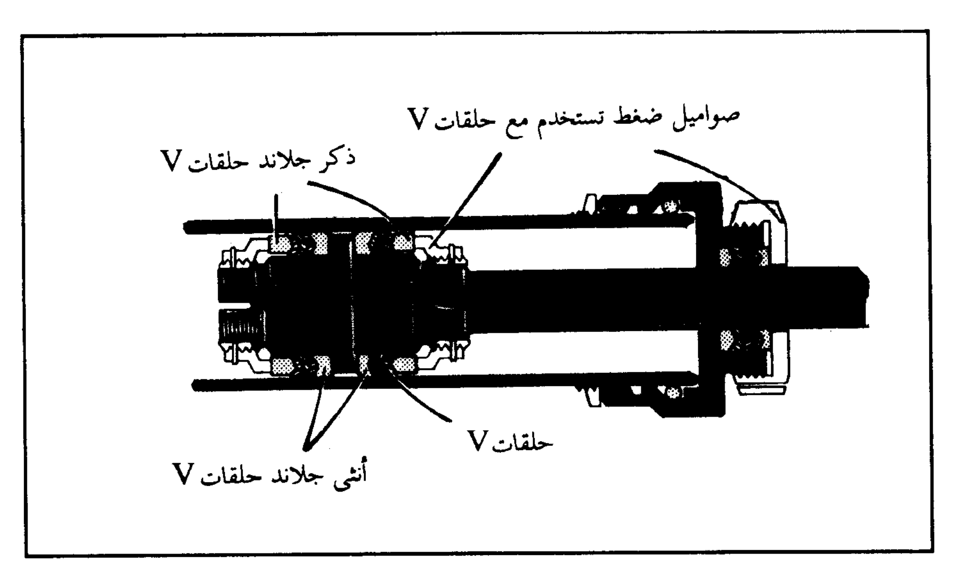
٢ ـ قلة الزيت .

٣ ـ المشاوير الطويلة .

٤ ـ الأحمال الكبيرة ذات القوى المستعرضة .

٢ ـ حلقات V : V Rings

عادة تستخدم حلقات V كموانع تسريب ديناميكية في اتجاه واحد، فإذا استخدمت كموانع تسريب لمكبس يجب استخدام مجموعتين من حلقات V ، وعادة تثبت حلقات V بحيث تقابل قمة V الضغط ، ويستخدم ذكر وأنثى ملائمين لتثبيت مجموعات حلقات V . وعادة توضع مجموعات حلقات V داخل تجويفها، ويجب التأكد من ارتكازها الصحيح ، وبعد ذلك يتم رباط صامولة الضغط . والشكل ٢-٣٩ يبين قطاعاً في أسطوانة يستخدم فيها حلقات V .



الشكل ٢-٣٩

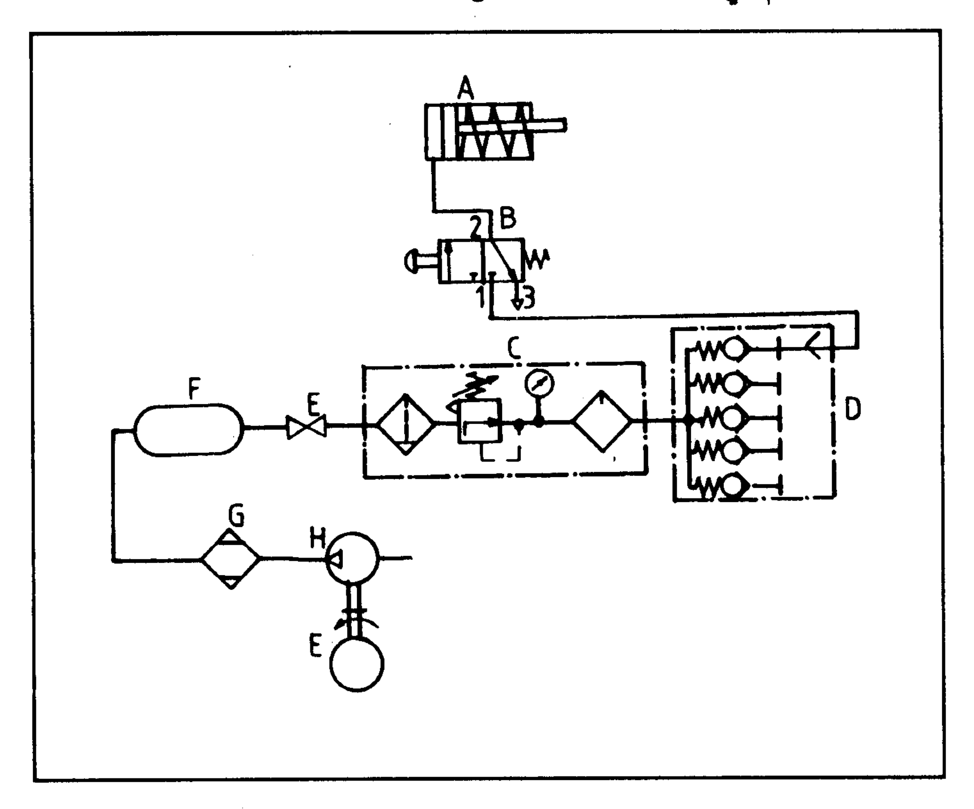


الباب الثالث

الدوائر الأساسية

٣-١ التحكم المباشر في الأسطوانات :

يستخدم التحكم المباشر في الأسطوانات صغيرة الحجم وذلك باستخدام الصمامات الاتجاهية التي تعمل بوسيلة يدوية . فالشكل ٣-١ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة أحادية الفعل .



الشكل ٣-١

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة أحادية الفعل	A
صمام 3/2 بضاغط تشغيل وياي إرجاع (صمام قدرة)	B
وحدة الخدمة وتتكون من مزيتة وعداد ضغط ومنظم ضغط ومرشح	C
موزع بوصلات سريعة	D
محبس يدوي	E
خزان الهواء المضغوط	F
مجفف الهواء المضغوط	G
ضاغط هوائي	H
محرك كهربي	E

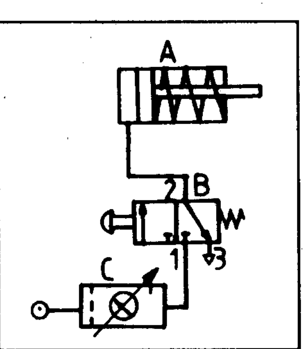
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام يتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائي (الأيمن) إلى الوضع الثانوي (الأيسر) ، ليمر الهواء المضغوط القادم من خزان الهواء المضغوط F وبالمحبس اليدوي E ، ثم مروراً بوحدة الخدمة C ، ثم عبر الوصلة السريعة المستخدمة بالموزع D ، ثم مروراً بالمسار 2 ← 1 للصمام B ، ووصولاً للأسطوانة A ، فتتقدم الأسطوانة إلى الأمام ، وبمجرد تحرير الضاغط اليدوي للصمام B يعود الصمام لوضع التشغيل الابتدائي (الأيمن) بفعل ياي الإرجاع ، فيمر الهواء المضغوط القادم من خلف الأسطوانة A عبر المسار 3 ← 2 للصمام B ، فتتراجع الأسطوانة للخلف بفعل ياي الإرجاع الخاص بها . وعادة تبسط الدائرة الهوائية لتصبح كما بالشكل ٣-٢ . وفيما يلي محتويات الدائرة الهوائية المختصرة :

أسطوانة أحادية الفعل A

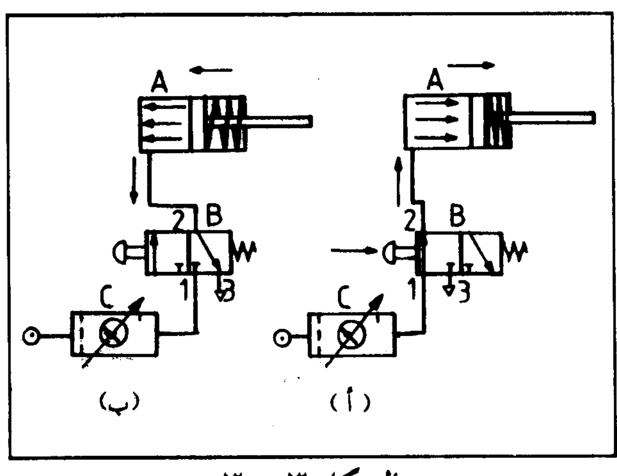
صمام 3/2 بضاغط وياي B

وحدة الخدمة (رمز مختصر) C



الشكل ٣ - ٢

وفي الشكل ٣-٣ حالتان مختلفتان للدائرة الهوائية المعروضة بالشكل السابق . ففي الشكل أ الدائرة الهوائية أثناء الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B . وفي الشكل ب الدائرة الهوائية لحظة تحرير ضاغط الصمام B .

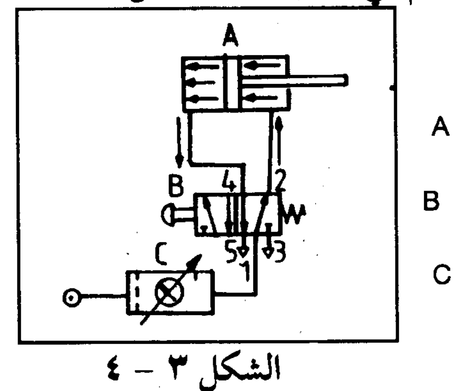


الشكل ٣ - ٣

وفي الشكل ٣-٤ الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل .



محتويات الدائرة الهوائية :



أسطوانة ثنائية الفعل A

صمام 5/2 بضاغط يدوى وياي B

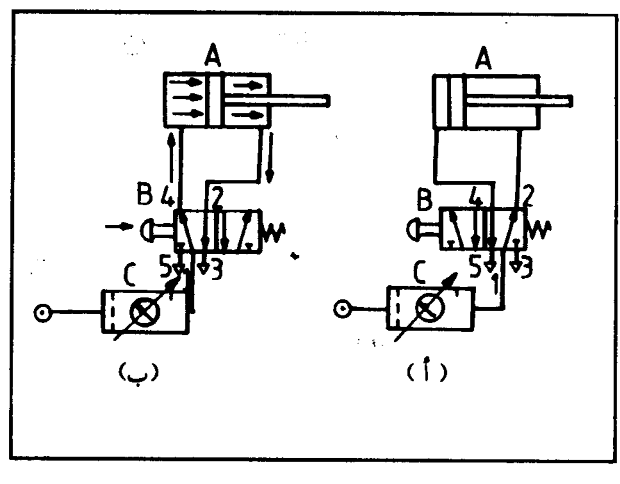
وحدة الخدمة C

الشكل ٣ - ٤

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B ، يتغير وضع التشغيل لهذا الصمام من الوضع الابتدائي (الأيمن) إلى الوضع الثانوي (الأيسر) ، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة C عبر المسار 4 ← 1 ، فيندفع مكبس الأسطوانة A للأمام ، بينما يعود هواء العادم من فتحة غرفة عمود المكبس عبر المسار 3 ← 2 ، وبمجرد إزالة الضغط عن ضاغط الصمام B ، يعود الصمام لوضعه الابتدائي (الأيمن) ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 ، ويمر هواء العادم في المسار 5 ← 4 ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣-٥ يعرض حالتين مختلفتين للدائرة الهوائية السابقة . ففي الشكل أ الدائرة الهوائية أثناء الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B . وفي الشكل ب الدائرة الهوائية أثناء تحرير الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B .



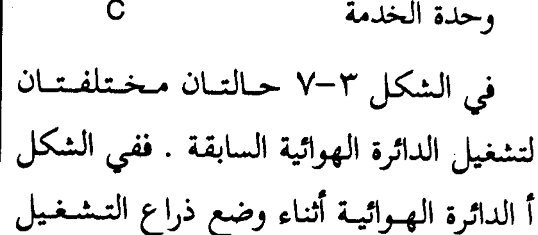
الشكل ٣ - ٥

والشكل ٣-٦ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل ،

بحيث يمكن إيقافها في نقط بينية في مشوار الذهاب أو العودة .

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل	A
صمام 4/3 بذراع تشغيل	B
وحدة الخدمة	C

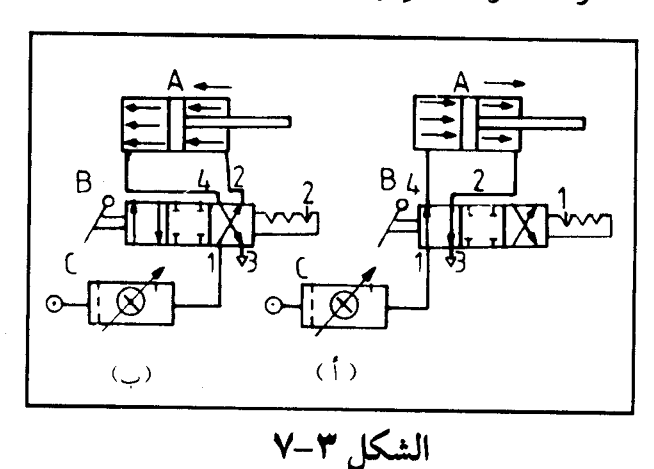


في الشكل ٣-٧ حالتان مختلفتان لتشغيل الدائرة الهوائية السابقة . ففي الشكل أ الدائرة الهوائية أثناء وضع ذراع التشغيل على الوضع 1 . وفي الشكل ب الدائرة الهوائية أثناء وضع ذراع التشغيل على الوضع 2 .



الشكل ٣-٦

علماً بأنه بمجرد إعادة ذراع التشغيل للصمام على وضع O ، تتوقف الأسطوانة عند آخر نقطة وصلت إليها .



الشكل ٣-٧

نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع التشغيل للصمام B على وضع 1 ، يتغير وضع الصمام من الوضع المركزي إلى وضع التشغيل (الأيسر) ، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة عبر المسار 4 ← 1 ، ويعود هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 3 ← 2 ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام (الشكل أ) . وبمجرد إعادة ذراع التشغيل للصمام B للوضع O ، يعود الصمام من وضع التشغيل الأيسر إلى الوضع المركزي ، فتتوقف الأسطوانة في الحال في آخر وضع لها . وعند وضع ذراع تشغيل الصمام B على وضع 2 ، يتغير وضع الصمام B من الوضع المركزي إلى وضع التشغيل الأيمن ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 ، ويمر هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 3 ← 4 ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف (الشكل ب) . وبمجرد إعادة ذراع تشغيل الصمام B إلى وضع O ، يعود الصمام لوضع التشغيل المركزي له ، فتتوقف الأسطوانة في الحال في آخر وضع لها وهكذا .

٣-٢ التحكم الغير مباشر في الأسطوانات

ويستخدم التحكم الغير مباشر في الأسطوانات ذات الحجم الكبير حيث يوضع صمام القدرة بجوار الأسطوانة مباشرة ، بينما يتم التحكم في صمام القدرة من بعد بواسطة صمام إشارة صغير وبذلك نقلل من طول خطوط الهواء الكبيرة الحجم .

والشكل ٣-٨ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل من بعد بواسطة صمام إشارة بذراع تشغيل .

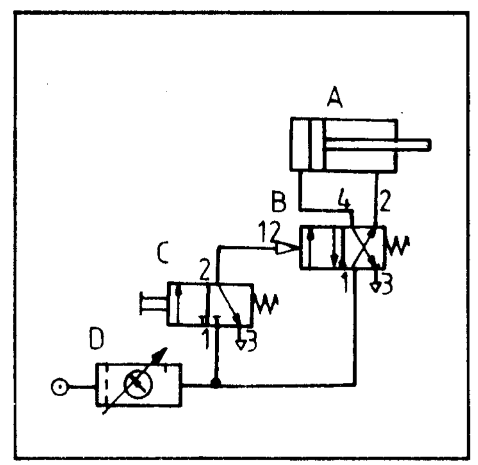
محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل A

صمام قدرة 4/2 يعمل بإشارة ضغط B

صمام إشارة 3/2 يعمل بذراع تشغيل وياي إرجاع C

وحدة الخدمة D

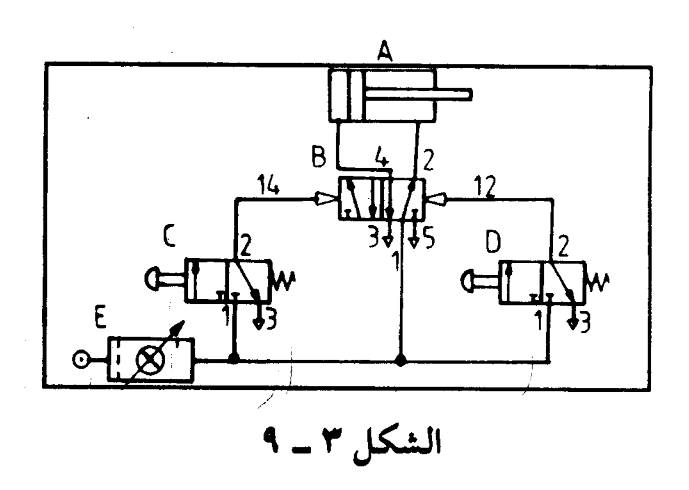


الشكل ٣-٨

نظرية التشغيل :

عند التشغيل اليدوي للصمام C ، يتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائي الأيمن إلى وضع التشغيل الأيسر، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة D ، عبر المسار 2 → 1 للصمام C ، ووصولاً لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام من الوضع الابتدائي الأيمن إلى وضع التشغيل الأيسر فيمر هواء المصدر عبر المسار 4 → 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 3 → 2 ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لنهاية شوط الذهاب ، وعند إعادة صمام الإشارة C لوضعه الابتدائي يعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن فينقطع وصول إشارة الضغط لمدخل التحكم 12 للصمام B ، وتباعاً يعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 3 → 4 ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣-٩ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل من بعد، بواسطة صمامي إشارة يعملان بضاغط تشغيل وياي إرجاع .



الشكل ٣ ـ ٩

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل .	A
صمام قدرة 5/2 يعمل بإشارتى ضغط .	B
صمام إشارة بضاغط وياى .	C,D
وحدة الخدمة .	E

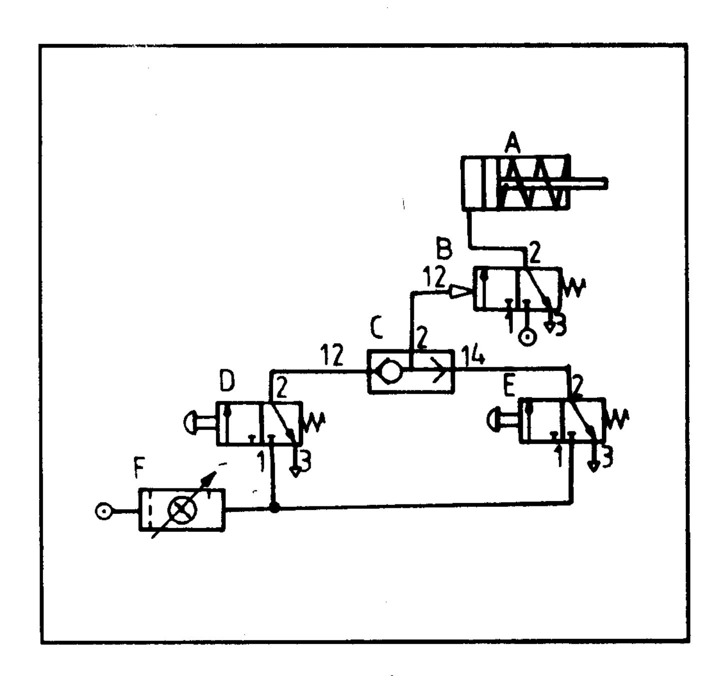
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة C ، **يمر الهواء المضغوط من** وحدة الخدمة E عبر المسار 2 ← 1 **لهذا الصمام ليصل إلى مدخل الإشارة 14** للصمام B فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع **الأيمن إلى الوضع الأيسر** فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 4 ← 1**ويمر هواء العادم عبر المسار 3 ← 2** فتتقدم الأسطوانة للأمام . وعند **إزالة الضغط عن ضاغط صمام الإشارة C** لايحدث تغير فى وضع الصمام B . والسبب **فى ذلك يرجع إلى أن الصمام B** يعمل كقلاب أى يحافظ على آخر وضع له . ولكن **عند الضغط على ضاغط** صمام الإشارة D يمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 ← 1، **لهذا الصمام وصولاً**

لمدخل الإشارة 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام من الوضع الأيسر إلى الوضع الأيمن ليمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، و يمر هواء العادم عبر المسار 5 → 4، فتتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لنهاية شوط العودة وهكذا .

٣ ـ ٣ التحكم فى الأسطوانات من مكانين مختلفين :

أحياناً يلزم الأمر تشغيل الأسطوانات من مكانين مختلفين . فالشكل ٣ـ١٠ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى أسطوانة أحادية الفعل من مكانين مختلفين فى شوط الذهاب .



الشكل ٣ ـ ١٠

محتويات الدائرة الهوائية

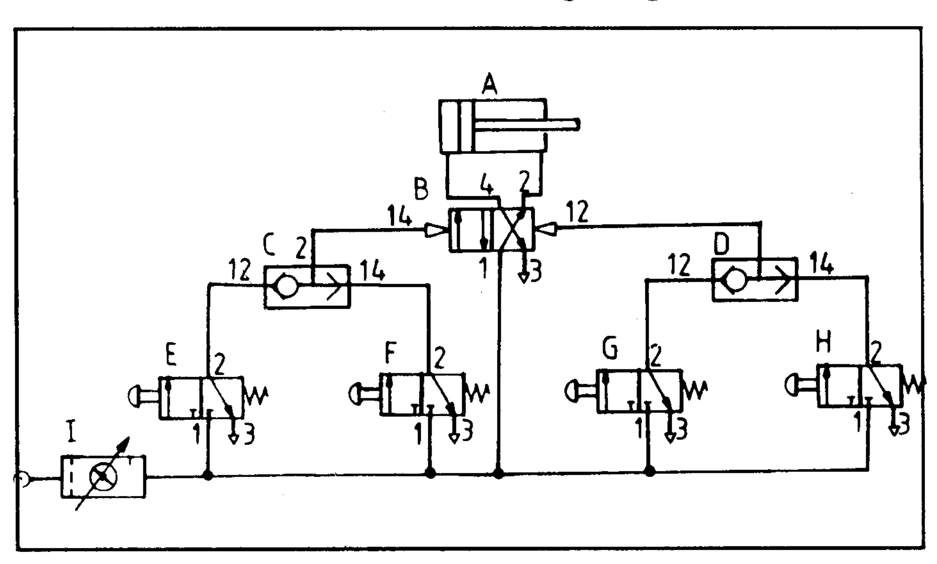
أسطوانة أحادية الفعل .	A
صمام قدرة 3/2 بإشارة ضغط وياى إرجاع .	B
صمام ترددى (بوابة أو) .	C
صمام إشارة 3/2 بضاغط وياى .	C,D
وحدة الخدمة .	F

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة D يمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمةF مروراً بالمسار 2 ← 1 لهذا الصمام ووصولاً للمدخل 12 للبوابة C فتخرج إشارة ضغط من الفتحة 2 للبوابة لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائى (الأيمن) إلى الوضع (الأيسر) فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 ← 1، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وبمجرد تحرير ضاغط صمام الإشارة D تنقطع إشارة الضغط التى تصل للمدخل 12 للبوابة C، وتنقطع تباعاً إشارة الضغط التى تخرج من البوابة لمدخل التحكم 12 للصمام B، فيعود الصمام لوضعه الابتدائى بفعل ياى الإرجاع ، فيخرج هواء العادم من الأسطوانة A عبر المسار 3 ← 2 للصمام B فتتراجع الأسطوانة A للخلف . وعند الضغط على ضاغط صمام الإشارة E تصل إشارة ضغط للمدخل 14 للبوابه C ، فتخرج إشارة ضغط من البوابة من الفتحة 2 لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام B، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وبمجرد تحرير ضاغط صمام الإشارة E تنقطع إشارة الضغط التى تصل للمدخل 14 للبوابةC ،

فتنقطع تباعاً إشارة الضغط التى تخرج من البوابة لمدخل التحكم 12 للصمام B، فيعود الصمام لوضعه الابتدائى الأيمن فتتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣ ـ ١١ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى أسطوانة ثنائية الفعل من مكانين مختلفين فى شوطى الذهاب والعودة .



الشكل ٣ - ١١

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل .	A
صمام قدرة 4/2 يعمل بإشارتى ضغط .	B
صمام ترددى (بوابة أو) .	C,D
صمام إشارة 3/2 يعمل بضاغط وياى .	E,F,G,H
وحدة الخدمة	I

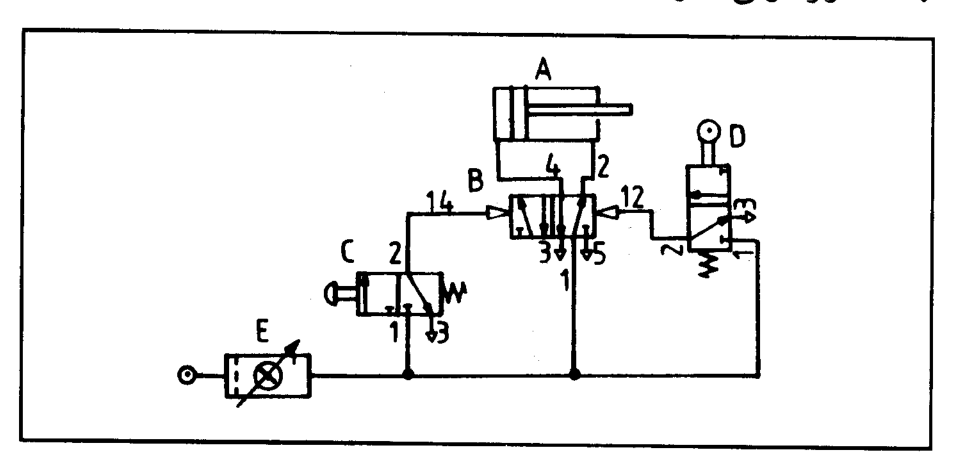
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة E ، أو ضاغط صمام الإشارة F ، تصل إشارة ضغط هوائية لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الأيمن إلى الوضع الأيسر فتتقدم الأسطوانة A للأمام .

وعند الضغط على ضاغط صمام الإشارة G ، أو ضاغط صمام الإشارة H تصل إشارة ضغط هوائية، لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الأيسر إلى الوضع الأيمن فتتراجع الأسطوانة A للخلف .

٣ـ٤ التحكم فى الأسطوانات بصمامات نهاية المشوار الهوائية :

الشكل ٣ ـ ١٢ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى أسطوانة مستخدماً صمام نهاية مشوار هوائى للعودة الذاتية .



الشكل٣ ـ ١٢

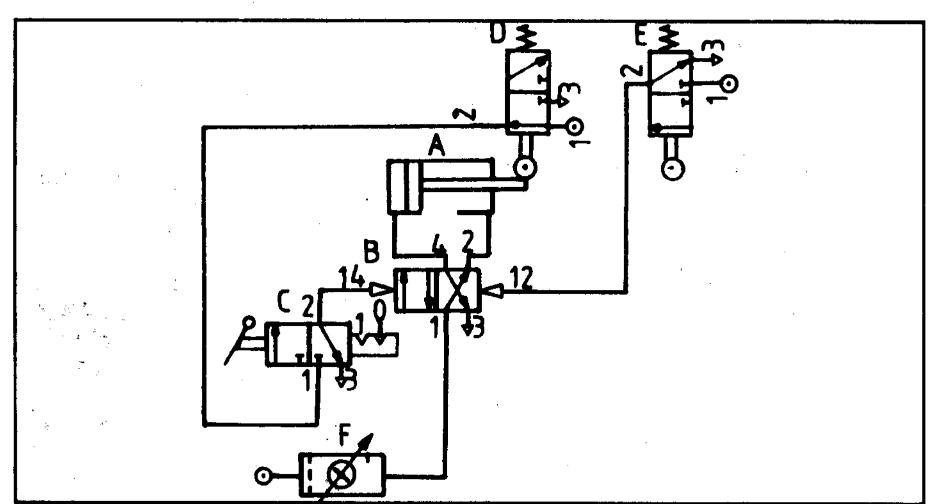
محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل .	A
صمام قدرة 5/2 بإشارتى ضغط .	B
صمام إشارة 3/2 بضاغط وياى .	C
صمام نهاية مشوار 3/2 ببكرة وياى	D
وحدة الخدمة	E

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة C تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 لصمام القدرة B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وعند وصولها لمكان تثبيت صمام نهاية المشوار D تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 ، لصمام القدرة B فتتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣ ـ ١٣ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى أسطوانة ثنائية الفعل لتتحرك حركة ترددية مستخدماً صمامات نهايات مشوار هوائية .



الشكل٣ ـ ١٣

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل .	A
صمام قدرة 4/2 بإشارتى ضغط .	B
صمام إشارة 3/2 بذراع تشغيل ويای	C
صمام نهاية مشوار 3/2 ببكرة ويای	D, E
وحدة الخدمة	F

نظرية التشغيل :

عند التشغيل اليدوى لصمام الإشارة C بشرط تراجع الأسطوانة A للخلف تمر إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 لصمام نهاية المشوار D ، ثم تمر بالمسار 2→ 1 لصمام الإشارة C، لتصل إلى مدخل التحكم 14 لصمام القدرة B فيتغير وضع التشغيل للصمام إلى الوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان تثبيت صمام نهاية المشوار E فتصل إشارة ضغط عبر المسار 2→ 1 لهذا الصمام لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيعود الصمام لوضع التشغيل الأيمن فتتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار D ، فتصل إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 لكلا الصمامين C , D لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وتظل الأسطوانة تتحرك حركة ترددية ذهاباً وإياباً إلى أن يعاد ذراع تشغيل الصمام C للوضع الابتدائى فتتراجع الأسطوانة A للخلف ثم تسكن .

٣ ـ ٥ تقليل سرعة الأسطوانات :

يمكن تقليل سرعة الأسطوانات باستخدام صمامات الخنق . وهناك ثلاثة

طرق لتقليل سرعة الأسطوانات وهى :

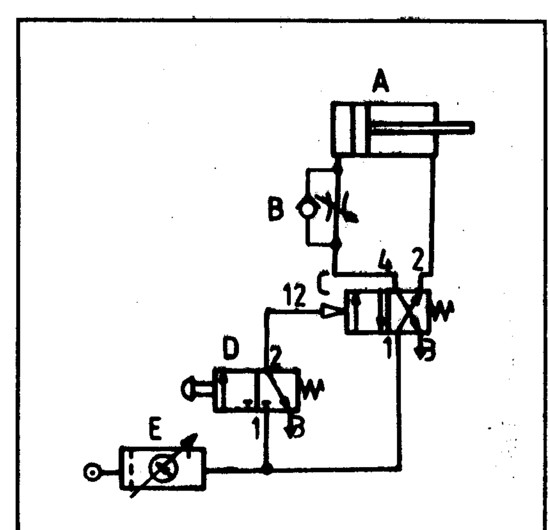
١ ـ خنق الهواء الداخل .

٢ ـ خنق هواء العادم .   ٣ ـ خنق هواء المصدر .

٣ ـ ٥ ـ ١ خنق الهواء الداخل :

الشكل ٣ ـ ١٤ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة فى الذهاب بخنق الهواء الداخل .

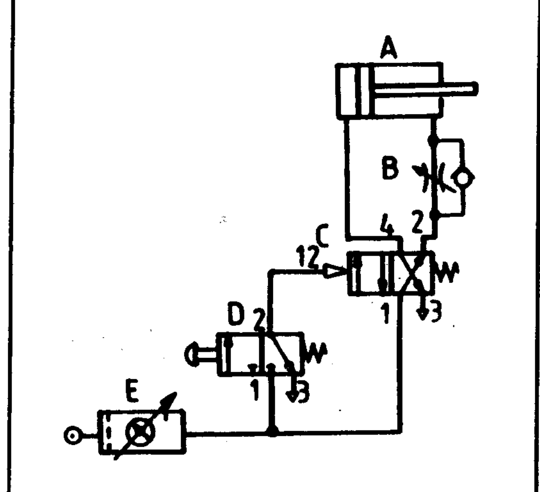
نظرية التشغيل :



الشكل ٣- ١٤

عند الضغط على الضاغط اليدوى لصمام الإشارة D يمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة E ومروراً بالمسار 2 ← 1 للصمام D ، وصولاً لمدخل التحكم 12 للصمام C، فيتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 4 ← 1للصمام C، ومروراً بالصمام الخانق للصمام الخانق اللارجعى B ، ووصولاً للأسطوانة A، فتتقدم الأسطوانة A ببطء نتيجة لخنق الهواء الداخل لها، بينما يعود هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 3 ← 2 للصمام C . وبمجرد تحرير ضاغط الصمام D تنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام C، فيعود الصمام C لوضعه الابتدائي بفعل ياي الإرجاع وتتراجع الأسطوانة A للخلف بالسرعة العادية.

والشكل ٣-١٥ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في العودة بخنق الهواء الداخل .



الشكل ٣-١٥

محتويات الدائرة الهوائية لاتختلف عن الحالة السابقة.

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D يمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 لهذا الصمام وصولاً لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام C من الوضع الابتدائي الأيمن لوضع التشغيل الأيسر، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 4 → 1 ، وصولاً للأسطوانة A ، ويعود هواء العادم من الأسطوانة عبر الصمام اللارجعي للصمام الخانق اللارجعي B ومروراً بالمسار 3 → 2 للصمام C ، فتتقدم الأسطوانة C بالسرعة المعتادة ، وبمجرد إزالة الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D ، تنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام C ، فيعود هذا الصمام لوضع التشغيل الابتدائي له فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، للصمام C ومروراً بالصمام الخانق للصمام الخانق اللارجعي B ، وصولاً للأسطوانة A ، بينما يمر هواء العادم من الأسطوانة A بالمسار 3 → 4 للصمام C ، فتتراجع الأسطوانة A ببطء .

٣-٥-٢ خنق هواء العادم :

الشكل ٣-١٦ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في الذهاب بخنق هواء العادم .

محتويات الدائرة الهوائية لاتختلف عن الدائرة السابقة .

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D يتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام ، فتتقدم الأسطوانة A ببطء نتيجة لمرور هواء العادم الراجع من الأسطوانة في الصمام الخانق للصمام الخانق اللارجعي B .

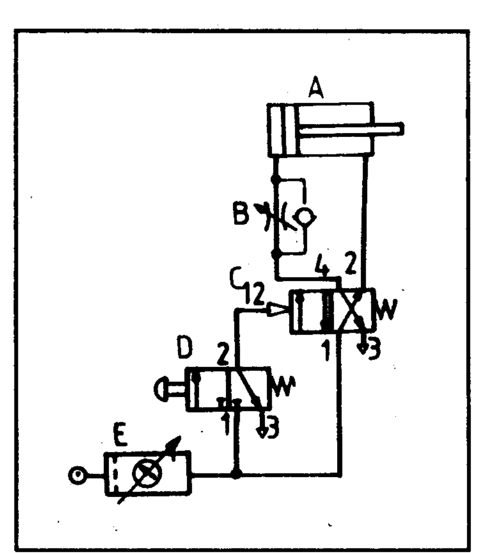
الشكل ٣ - ١٦

أما عند إزالة الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D ، يعود الصمام لوضع التشغيل الابتدائي الأيمن له ، فتنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم للصمام C ، فيعود الصمام C لوضعه الابتدائي الأيمن ، فتتراجع الأسطوانة A بالسرعة المعتادة نتيجة لمرور الهواء الداخل في الصمام اللارجعي للصمام الخانق اللارجعي B .

والشكل ٣-١٧ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في العودة بخنق هواء العادم .

علماً بأن محتويات الدائرة لاتختلف عن الدائرة السابقة .

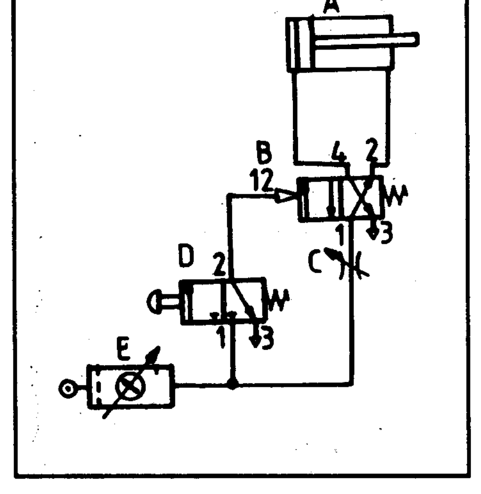
نظرية التشغيل :



الشكل ٣ – ١٧

عند الضغط على الضاغط D تتقدم الأسطوانة A بالسرعة المعتادة نتيجة لمرور الهواء الداخل عبر الصمام اللارجعي للصمام الخانق اللارجعي B، وعند إزالة الضغط عن الضاغط D تتراجع الأسطوانة A بسرعة منخفضة نتيجة لخنق هواء العادم عند مروره بالصمام الخانق للصمام الخانق اللارجعي B .

٣-٥-٣ خنق هواء المصدر :



الشكل ٣-١٨

وتستخدم هذه الطريقة لتقليل سرعة الأسطوانات عند الذهاب والعودة في آن واحد بنفس المعدل . والشكل ٣-١٨ يعرض الدائرة الهوائية لتقليل سرعة الأسطوانة في الذهاب والعودة بخنق هواء المصدر .

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل A

صمام قدرة 4/2 بإشارة ضغط وياي إرجاع B

صمام خانق قابل للمعايرة C

صمام إشارة بضاغط يدوي وياي D

وحدة الخدمة E

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام B فيتغير وضع التشغيل للصمام B للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام بسرعة بطيئة نتيجة لخنق هواء المصدر بواسطة الصمام الخانق C ، وعند إزالة الضغط عن الضاغط اليدوي للصمام D ، يعود الصمام لوضع التشغيل الابتدائي الأيمن له ، فتنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام B ، فيعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن فتتراجع الأسطوانة A للخلف بسرعة بطيئة نتيجة لخنق هواء المصدر بواسطة الصمام الخانق القابل للمعايرة C .

٣-٦ زيادة سرعة الأسطوانات:

يمكن زيادة سرعة الأسطوانات الهوائية باستخدام صمامات التصريف السريعة لتقصير مسار هواء العادم . ففي الشكل ٣-١٩ دائرة هوائية لزيادة سرعة أسطوانة في الذهاب .

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل A

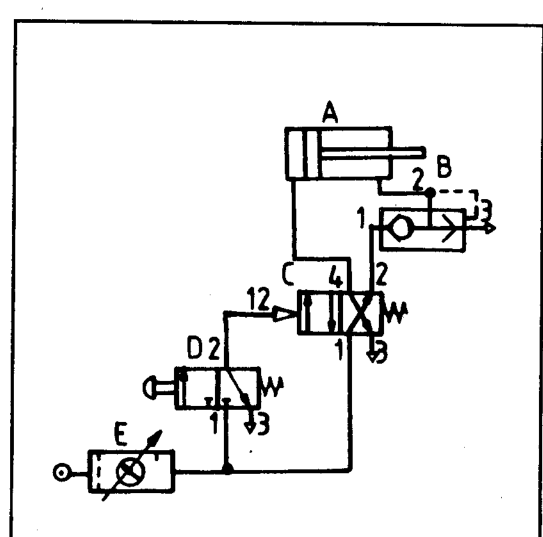
صمام تصريف سريع B

صمام قدرة 4/2 بإشارة ضغط وياي إرجاع C

صمام إشارة 3/2 بضاغط وياي D

وحدة الخدمة E

نظرية التشغيل :



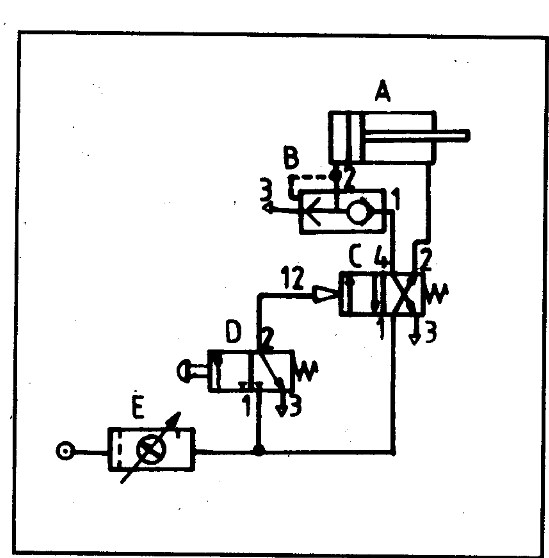
الشكل ٣-١٩

عند الضغط على ضاغط تشغيل الصمام الاتجاهي D يتغير وضع التشغيل للصمام لوضع التشغيل الأيسر ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام C هو الآخر للوضع الأيسر ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 4 ← 1 ، وصولاً للأسطوانة A ، بينما يخرج هواء العادم بسرعة في المسار 3 ← 2 لصمام التصريف السريع B ، فتتقدم الأسطوانة A بسرعة . وعند إزالة الضغط عن ضاغط الصمام الاتجاهي D تنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام C ، فيعود الصمام لوضعه الابتدائي ، ويمر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 للصمام C ، ثم مروراً بالمسار 2 ← 1 لصمام التصريف السريع B وصولاً للأسطوانة A ، بينما يعود هواء العادم من الأسطوانة مروراً بالمسار 3 ← 4 للصمام C ، فتتراجع الأسطوانة A بالسرعة المعتادة .

وفي الشكل ٣-٢٠ دائرة هوائية أخرى لزيادة سرعة أسطوانة في شوط العودة. علماً بأن محتويات الدائرة الهوائية لاتختلف عن الحالة السابقة .

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام D يتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر، فيمر الهواء المضغوط في المسار 4 ← 1 للصمام C ، ثم مروراً بالمسار 2 ← 1 لصمام التصريف B ، وصولاً للأسطوانة A ، فتتقدم الأسطوانة بالسرعة المعتادة ، وبمجرد إزالة الضغط عن ضاغط الصمام D ، يعود الصمام لوضع التشغيل الأيمن فتنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام C ، فيعود الصمام C هو الآخر لوضع التشغيل الأيمن له بفعل الياي ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 وصولاً للأسطوانة A ، بينما يمر هواء العادم من الأسطوانة في المسار 3 ← 2 لصمام التصريف السريع B ، فتتراجع الأسطوانة A بسرعة كبيرة .



الشكل ٣-٢٠

٣-٧ التحكم في الأسطوانات باستخدام المؤقتات الزمنية الهوائية :

في الشكل ٣-٢١ دائرة هوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل تتقدم لمدة زمنية مقدارها T ثم تعود ذاتياً .

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل A

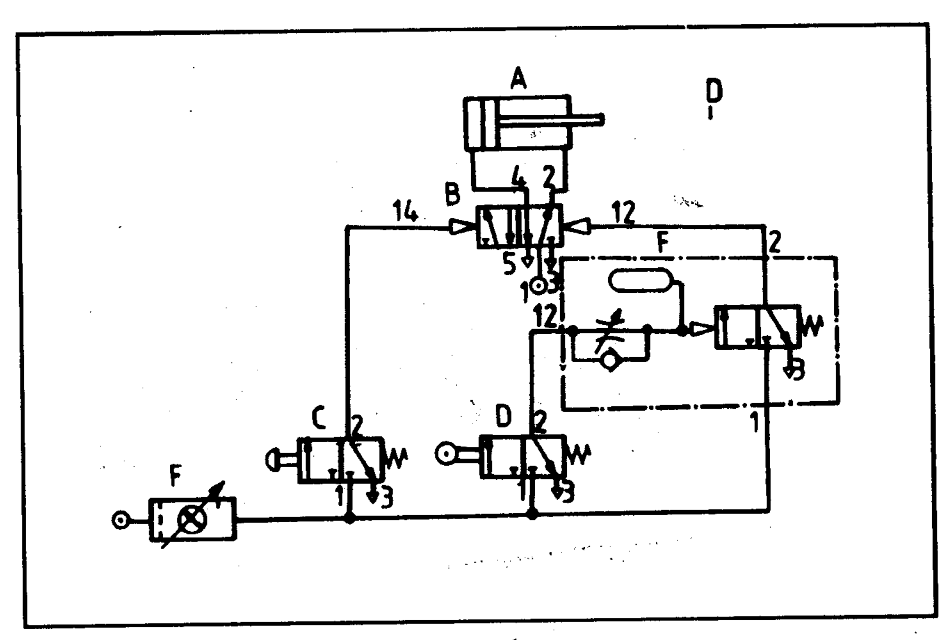
صمام قدرة 5/2 يعمل بإشارتي ضغط B

صمام إشارة 3/2 يعمل بضاغط وياي C

صمام نهاية مشوار 3/2 بيكرة وياي D

مؤقت زمني هوائي E

وحدة الخدمة F



الشكل ٣-٢١

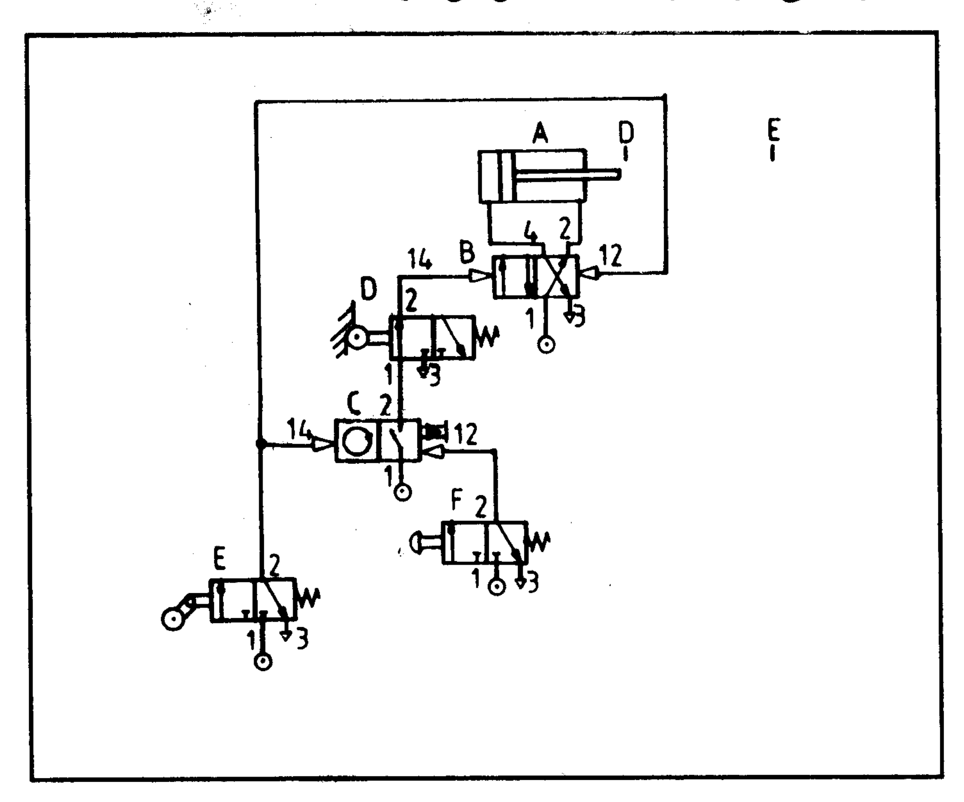
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام C ، تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14

للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للمؤقت الزمني E ، وبعد مرور الزمن المعاير عليه المؤقت الزمني يتغير وضع التشغيل له ، فتمر إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 للمؤقت الزمني ، وصولاً لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام B إلى الوضع الأيمن ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف .

٣-٨ التحكم في الأسطوانات باستخدام العدادات الهوائية :

الشكل ٣-٢٢ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل للحصول على حركة ترددية لعدد معين من المرات .



الشكل ٣ – ٢٢

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل	A
صمام 4/2 بإشارتي ضغط	B
عداد هوائي تنازلي	C
صمام نهاية مشوار 3/2 ببكرة وياي	D
صمام نهاية مشوار 3/2 ببكرة خاملة وياي	E
صمام إشارة بضاغط وياي	F

ملاحظة :

صمام نهاية المشوار 3/2 ذي البكرة الخاملة Idle Return Roller (E) يختلف عن صمام نهاية المشوار 3/2 ذي البكرة العادية D في أن **الأول** إذا تعرضت بكرته الخاملة لضغط ميكانيكي مستمر تخرج نبضة ضغط من مخرج الصمام 2 للحظة وتختفي بعد ذلك ، في حين أن **الثاني** إذا تعرضت بكرته لضغط ميكانيكي مستمر تخرج إشارة ضغط مستمرة من مخرج الصمام 2 ، وتختفي لحظة إزالة الضغط الميكانيكي عن بكرة الصمام D .

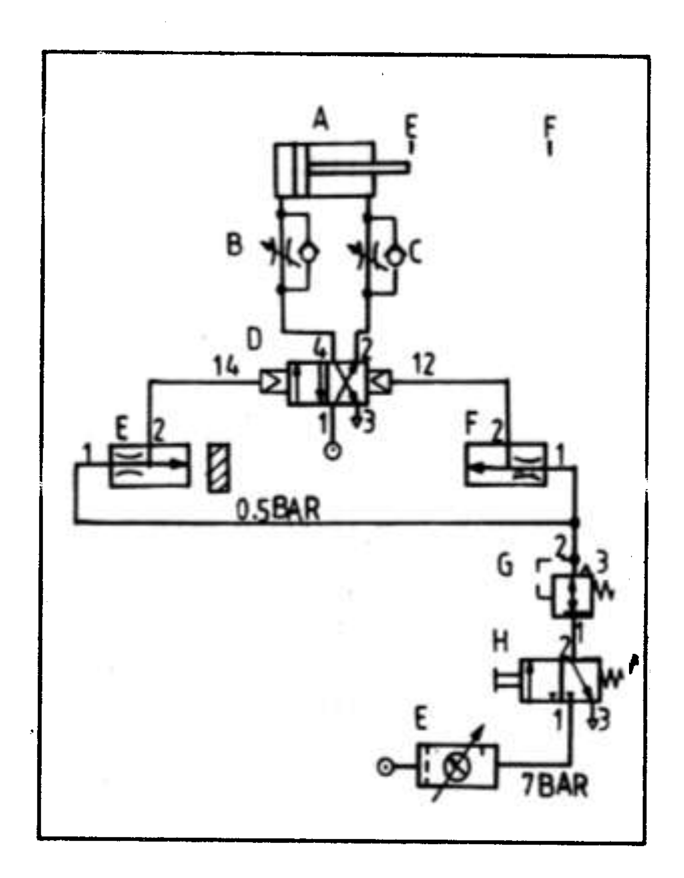
نظرية التشغيل :

في البداية يتم تحميل العداد بالعدد المطلوب بواسطة وسيلته اليدوية ، وبعد تحميل العداد تمر إشارة ضغط عبر المسار 2 ← 1 للعداد C ، ثم عبر المسار 2 ← 1 لصمام نهاية المشوار D (حيث تكون بكرته تحت تأثير ضغط من الكامة المثبتة على عمود الأسطوانة A) لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام B ،

فتتقدم الأسطوانة للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار E ، فتصل نبضة ضغط لكلٍ من مدخل التحكم 14 للعداد (فيقل العدد المحمل به العداد بمقدار 1) وكذلك لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وصولاً لصمام نهاية المشوار E ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للعداد (فيقل العدد المحمل به العداد بمقدار 1) وكذلك للمدخل 12 للصمام B ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف ، وهكذا حتى يعود العدد المحمل به العداد للصفر في هذه الحالة ينقطع مرور الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 ، للعداد وتتوقف الأسطوانة A . الجدير بالذكر أنه يمكن إعادة العدد المحمل به العداد سابقاً بمجرد الضغط على ضاغط الصمام F ، فتصل إشارة ضغط للمدخل 12 للعداد، فيحمل العداد بالعدد السابق ، والذي سبق وأن حمل به بالوسيلة اليدوية للعداد .

٣-٩ التحكم في الأسطوانات باستخدام المجسات التقاربية :

الشكل ٣-٢٣ يعرض دائرة هوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل للحصول على حركة ترددية باستخدام مجسات تقاربية من النوع ذي الضغط العكسي .



الشكل ٣ – ٢٣

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل	A
صمام خانق لارجعي	B,C
صمام 4/2 سابق التحكم يعمل بإشارتي ضغط	D
مجس تقاربي من النوع ذي الضغط الخلفي	E,F
صمام تنظيم الضغط	G
صمام إشارة يعمل بذراع تشغيل وياي	H

وحدة الخدمة E

نظرية التشغيل :

عند التشغيل اليدوي للصمام H ، يتغير وضع الصمام للوضع الأيسر ، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة في المسار 2 ← 1 للصمام H ، ومروراً في المسار 2 ← 1 لصمام تنظيم الضغط G ، فينخفض الضغط من 7 Bar ليصل إلى 0.5 Bar ويصل هذا الضغط المنخفض للمدخل 1 لكلا الصمامين E,F ، وحيث إن الأسطوانة في البداية تكون متراجعة للخلف ، لذلك فإن الضغط يرتد في المجس E ليخرج من الفتحة 2 له ، ليصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل للصمام D للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ببطء وصولاً للمجس F ، فيرتد الضغط في المجس F ، وتخرج إشارة ضغط من الفتحة 2 له لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام D ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف ببطء وبالتالي يرتد الضغط في المجس E ليخرج من الفتحة 2 له ، ليصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ببطء وهكذا تظل الأسطوانة A في حركة ترددية إلى أن يعاد ذراع التشغيل للصمام H للوضع الابتدائي فتتراجع الأسطوانة A للخلف وتسكن .

٣-١٠ التشغيل التتابعي للأسطوانات

يمكن تشغيل الأسطوانات تتابعياً أي الواحدة تلو الأخرى سواء في مشوار الذهاب أو العودة بإحدى الطريقتين الآتيتين :

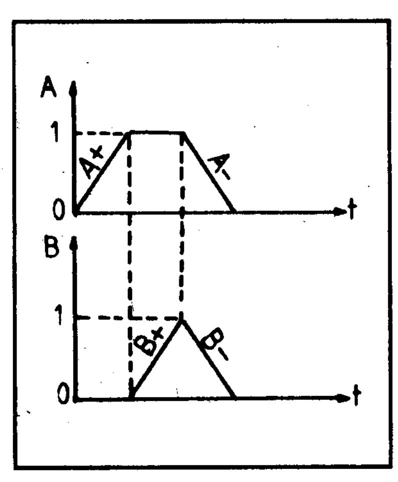
١ ـ باستخدام صمامات نهايات المشوار .

٢ ـ باستخدام الصمامات التتابعية .

٣-١٠-١ التشغيل التتابعي المعتمد على الوضع:

عندما تكون الدائرة الهوائية تحتوي على أكثر من أسطوانة فيلزم الأمر استخدام مخطط الإزاحة لمعرفة تتابع تشغيل الأسطوانات . وفي الشكل ٣-٢٤ مخطط الإزاحة لتشغيل الأسطوانتين A,B ومن مخطط الإزاحة يمكن معرفة تتابع تشغيل الأسطوانتين A,B وهو كالآتي :

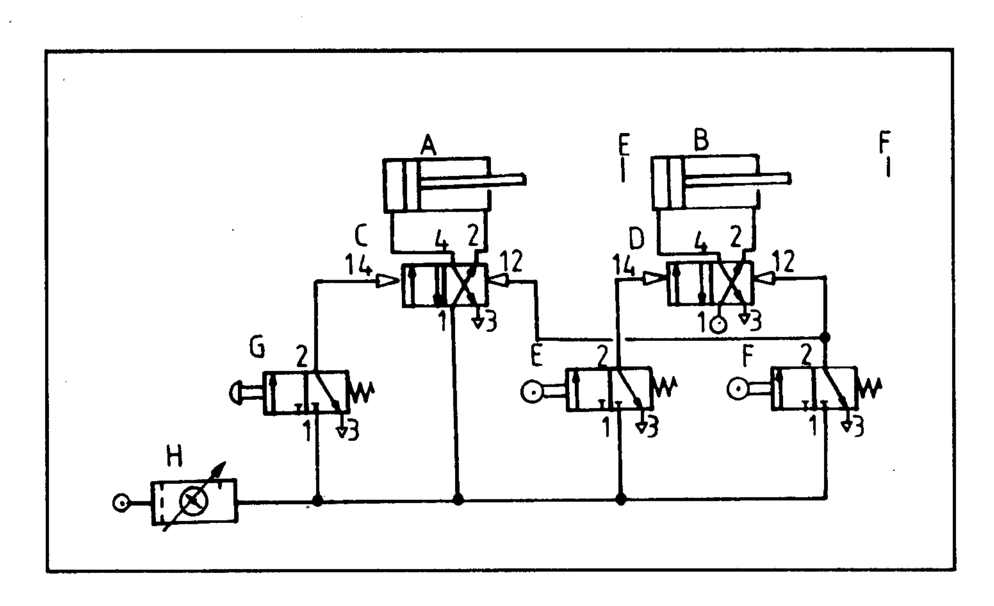
رقم الخطوة	1	2	3
نوع الحركة	A+	B+	A- , B-



الشكل ٣ - ٢٤

حيث إن +A أي تقدم الأسطوانة A ، +B أي تقدم الأسطوانة B ، -A أي تراجع الأسطوانة A للخلف ، -B أي تراجع الأسطوانة B للخلف .

والشكل ٣-٢٥ يبين الدائرة الهوائية لتحقيق مخطط الإزاحة السابق .



الشكل ٣-٢٥

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل	A,B
صمام 4/2 بإشارتى ضغط	C,D
صمام نهاية مشوار ببكرة وياي	E,F
صمام 3/2 بضاغط وياي	G
وحدة الخدمة	H

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام G يتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الثانوي ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام C للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار E ، فيتغير وضع التشغيل للصمام E ، فتصل إشارة

ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام إلى الوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة B للأمام وصولاً لمكان نهاية المشوار F ، فتصل إشارة ضغط للمدخل 12 لكلا الصمامين C,D ، فيتغير وضع التشغيل لهما للوضع الأيمن فتتراجع الأسطوانتان A,B للخلف في آن واحد .

٣-١٠-٢ التشغيل التتابعي المعتمد على الضغط

في الشكل ٣-٢٦ الدائرة الهوائية لتشغيل الأسطوانتين A,B تتابعياً بالتتابع التالي :

رقم الخطوة	1	2	3
الحركة	A+	B+	A-, B-

محتويات الدائرة :

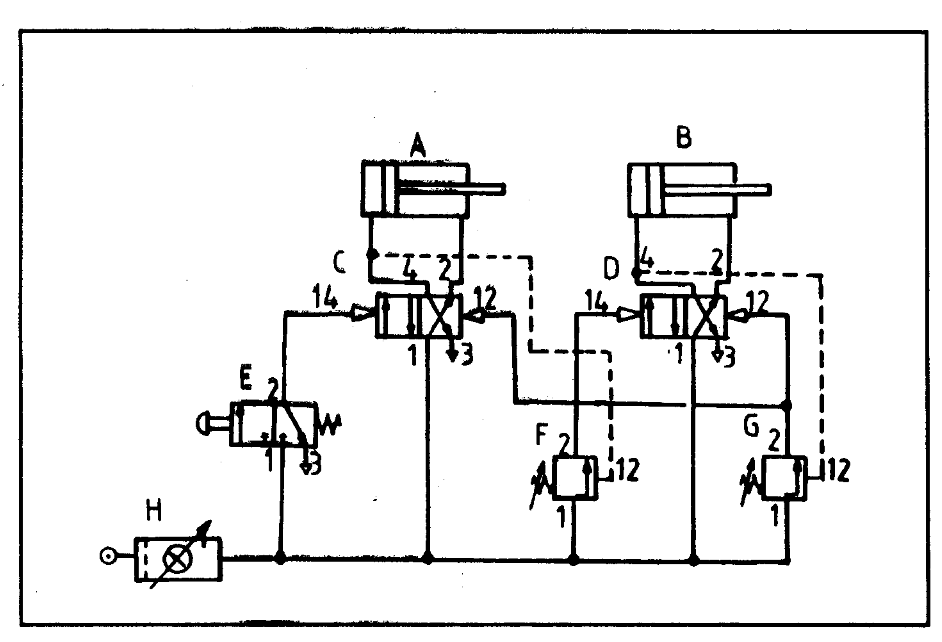
أسطوانة هوائية ثنائية الفعل A,B

صمام 4/2 بإشارتى ضغط C,D

صمام إشارة بضاغط يدوى وياى E

صمام تتابعى F,G

وحدة الخدمة H



الشكل ٣ - ٢٦

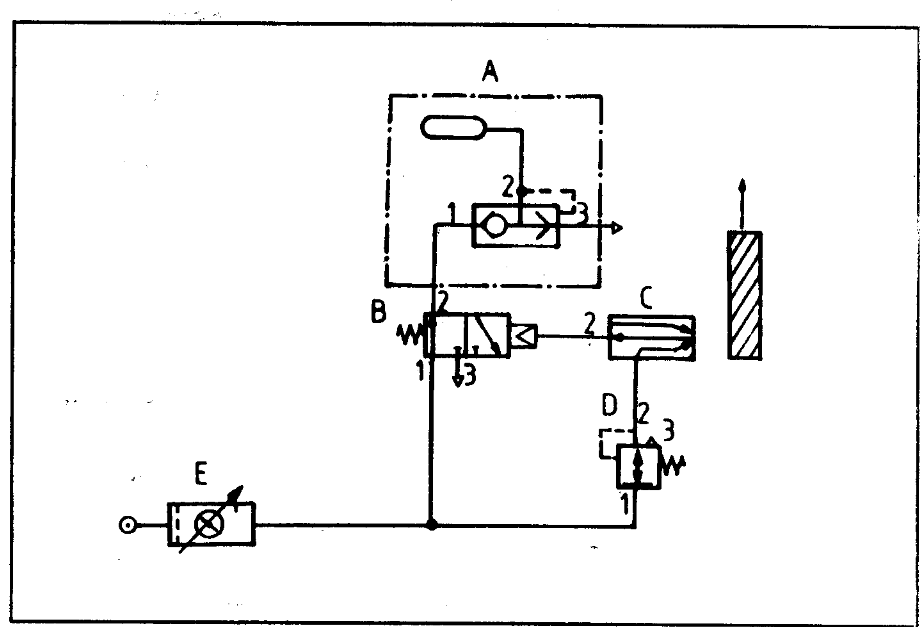
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام E تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C فيتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وعند وصول الأسطوانة لنهاية شوط الذهاب يزداد الضغط خلف الأسطوانة فتصل إشارة ضغط كافية لمدخل التحكم 12 للصمام التتابعي F ، فيقوم الصمام بإمرار الهواء المضغوط وصولاً لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل للصمام D للوضع الأيسر، فتتقدم الأسطوانة B للأمام هي الأخرى ، وعند وصول الأسطوانة B لنهاية شوط الذهاب يزداد الضغط خلف مكبس الأسطوانة ليصل إلى الضغط المعاير عليه وحدة الخدمة ، فتصل إشارة ضغط للمدخل 12 للصمام التتابعي G فيعمل الصمام التتابعي حينئذ على إمرار إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمامين C,D ، فيعود كلا الصمامين

لوضع التشغيل الأيمن لهما فتتراجع الأسطوانتان A,B معاً للخلف .

٣-١١ التحكم في المنفاخ الهوائى : Pnumatic Ejector Control

الشكل ٣ ـ ٢٧ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى المنفاخ الهوائى لقذف الشغلات بمجرد اقترابها من مجس تقاربى انعكاسى .



الشكل ٣ ـ ٢٧

محتويات الدائرة الهوائية :

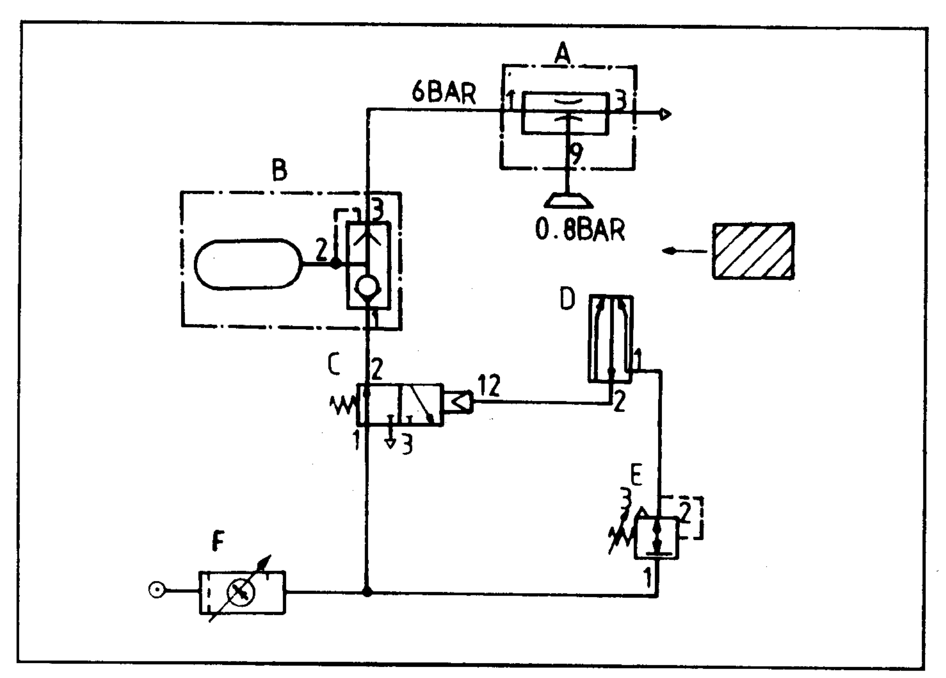
منفاخ هوائى	A
صمام اتجاهى 3/2 سابق التحكم بإشارة ضغط وياى .	B
مجس تقاربى انعكاسى .	C
صمام تنظيم ضغط .	D
وحدة خدمة .	E

نظرية التشغيل:

فى الوضع الطبيعى يمر الهواء المضغوط فى المسار 2 ← 1 للصمام الاتجاهى B ومروراً بصمام التصريف السريع للمنفاخ الهوائى A فى المسار 2 ← 1 حتى يمتلأ خزان المنفاخ الهوائى بالهواء المضغوط ، وبمجرد اقتراب شغلة من المجس التقاربى الانعكاسى C يتغير وضع التشغيل للصمام B نتيجة لوصول إشارة ضغط للمدخل 12، فينقطع الهواء المضغوط عن المنفاخ الهوائى A ، وفى هذه اللحظة ، يقوم المنفاخ بإخراج دفعة هواء كبيرة لتدفع الشغلة إلى المكان المطلوب.

٣ - ١٢ التحكم فى وحدة الرفع بالتفريغ Vacuum lifter control

الشكل ٣ ـ ٢٨ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى وحدة الدفع بالتفريغ لالتقاط الشغلات بمجرد اقترابها من مجس تقاربى انعكاسى .



الشكل ٣ ـ ٢٨

محتويات الدائرة الهوائية :

وحدة الدفع بالتفريغ وتتكون من فونية سحب تفريغ وكأس سحب	A
منفاخ هوائى .	B
صمام اتجاهى 3/2 سابق التحكم يعمل بإشارة ضغط وياى .	C
مجس تقاربى انعكاسي .	D
صمام تنظيم ضغط .	E
وحدة الخدمة .	F

نظرية التشغيل :

فى الوضع الطبيعي يمر الهواء المضغوط فى المسار 2 ← 1 للصمام الاتجاهى C ثم يمر بصمام التصريف السريع للمنفاخ الهوائى فى المسار 2 ← 1 ليملأ خزان المنفاخ بالهواء المضغوط ، وبمجرد اقتراب شغلة من المجس التقاربى الانعكاسى D، تخرج إشارة هواء مضغوط من الفتحة 2 للمجس الانعكاسى D لتصل لمدخل التحكم للصمام الاتجاهى سابق التحكم C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام . للوضع الأيمن فينقطع الهواء المضغوط عن المنفاخ الهوائى A ، وفى هذه اللحظة يقوم المنفاخ بإخراج شحنته من الفتحة 3 وصولا لوحدة الرفع بالتفريغ ، فيحدث تفريغ شديد عند الكأس قادر على التقاط الشغلة استعداداً لنقلها لمكان آخر بعناصر هوائية أخرى غير موضحة بهذا المثال.

٣ ـ ١٣ التحكم فى المحركات الهوائية :

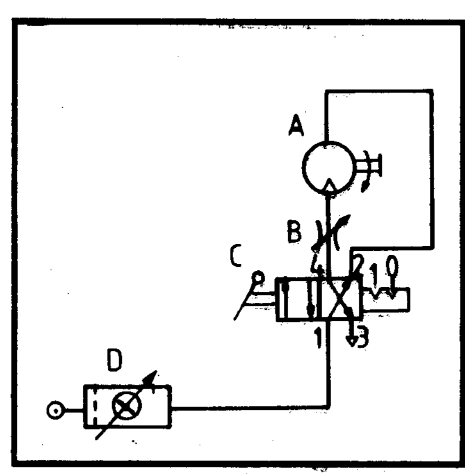
الشكل ٣ – ٢٩ يعرض دائرة هوائية للتحكم فى محرك هوائى ذى اتجاه واحد .

محتويات الدائرة الهوائية :

محرك هوائى	A
صمام خانق قابل المعايرة .	B
صمام 4/2 بذراع تشغيل .	C
وحدة الخدمة .	D

نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع تشغيل الصمام C على الوضع 1 يتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 4 → 1 للصمام C ، ومروراً بالصمام الخانق B ، ووصولاً للمحرك A ، فيدور المحرك . وبمجرد إعادة ذراع تشغيل الصمام C على الوضع 0 يتغير وضع التشغيل للصمام C للوضع الأيمن فيتوقف المحرك بفرملة .



الشكل ٣ ـ ٢٩

وفى الشكل ٣ ـ ٣٠ الدائرة الهوائية للتحكم فى محرك هوائى يدور فى الجاهين .

محتويات الدائرة الهوائية :

محرك هوائى ثابت السرعة ويدور فى الجاهين A

صمام خانق لا رجعى قابل المعايرة . B , C

صمام 4/3 بذراع تشغيل وله ثلاثة أوضاع تشغيل . D

وحدة الخدمة . E

نظرية التشغيل :

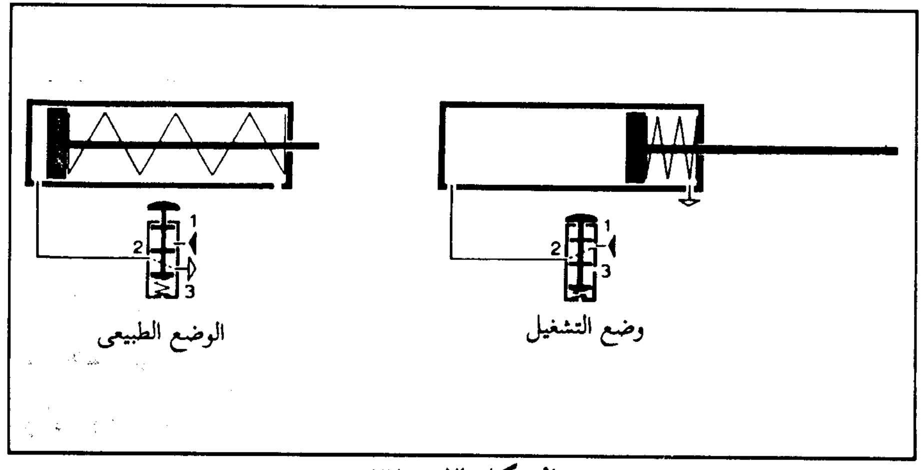
عند وضع ذراع التشغيل للصمام D على وضع 1 يتغير وضع الصمام من الوضع المركزى للوضع الأيسر فيدور المحرك فى اتجاه عقارب الساعة، ويمكن التحكم فى سرعة المحرك بواسطة الصمام الخانق اللارجعى B ، وبمجرد إعادة ذراع التشغيل للصمام D للوضع 0 يعود الصمام للوضع المركزى ، فينقطع الهواء المضغوط عن المحرك A ، فيدور المحرك بعزم القصور الذاتى حتى يتوقف ، وعند وضع ذراع التشغيل للصمام D على الوضع 2 يتغير وضع الصمام D من الوضع المركزى إلى الوضع الأيمن فيدور المحرك فى اتجاه عكس عقارب الساعة ، ويمكن التحكم فى سرعة المحرك A بواسطة الصمام الخانق اللارجعى C والجدير بالذكر أنه لايوجد اختلاف بين الدوائر الهوائية المستخدمة للتحكم فى الأسطوانات الدوارة عن المستخدمة فى التحكم فى المحركات الهوائية ذات الاتجاهين .

الشكل ٣-٣٠

٣ ـ ١٤ المخططات التصويرية Picturial Diagrams

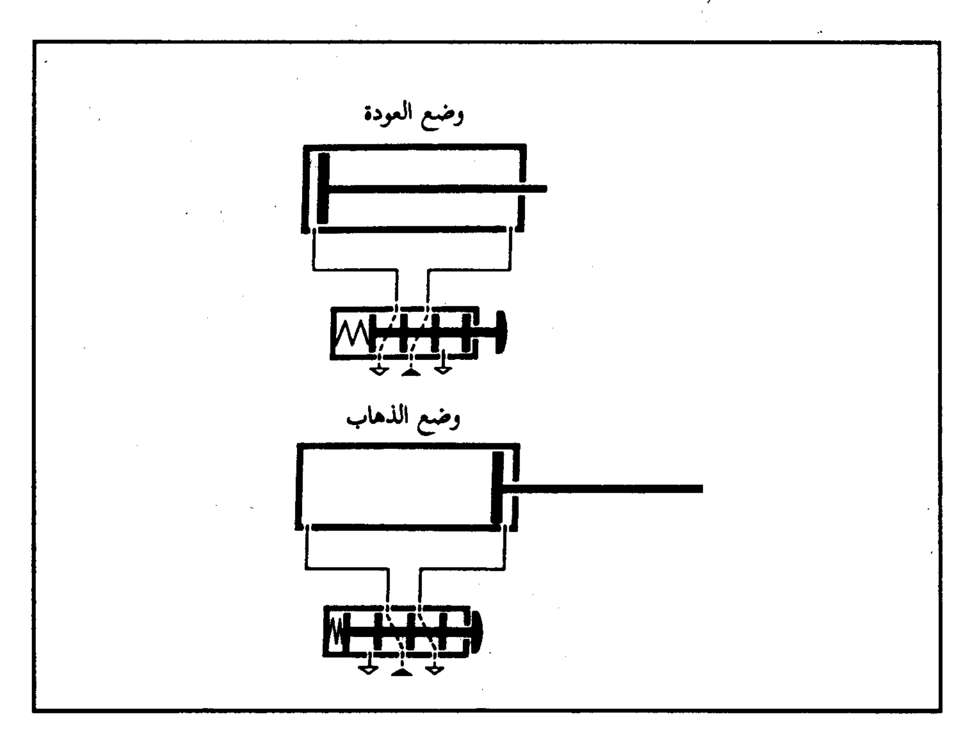
هذه المخططات توضح طريقة توصيل العناصر النيوماتيكية بشئ من التفصيل الذى يوضح فكرة عمل الدائرة النيوماتيكية بصفة عامة ، والعناصر المختلفة بصفة خاصة ، وهذه المخططات قد تفيد المبتدئ ، علماً بأن إعدادها يحتاج لجهد ووقت مقارنة بالدوائر النيوماتيكية المستخدمة للرموز النيوماتيكية .

والشكل ٣ ـ ٣١ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم التحكم فيها فى أسطوانة أحادية الفعل ، باستخدام صمام 3/2 بضاغط وياى فى الوضع الطبيعى ، وأيضاً فى وضع التشغيل ، ويلاحظ أن الصمام الاتجاهى المستخدم من النوع الانزلاقى الخطى .



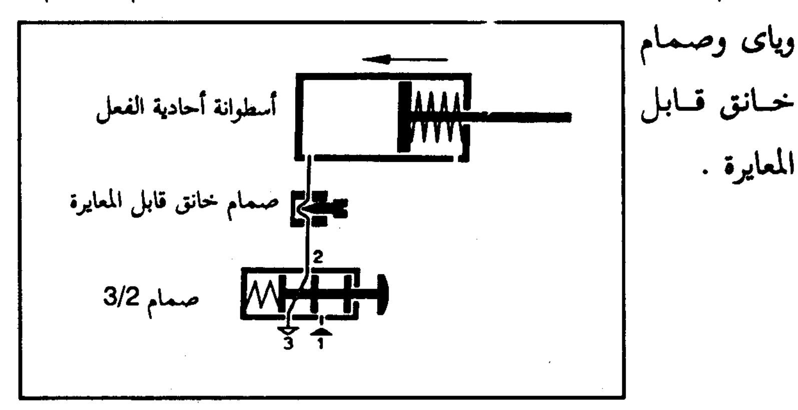
الشكل ٣- ٣١

والشكل ٣ ـ ٣٢ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة ، يتم التحكم فيها فى أسطوانة ثنائية الفعل ، باستخدام صمام 5/2 بضاغط وياى فى وضع العودة ووضع الذهاب

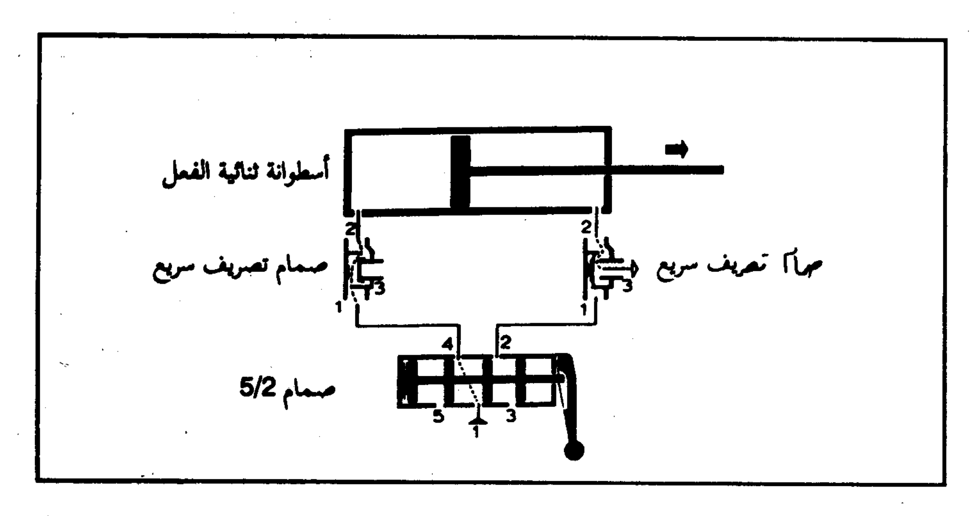


الشكل ٣-٣٢

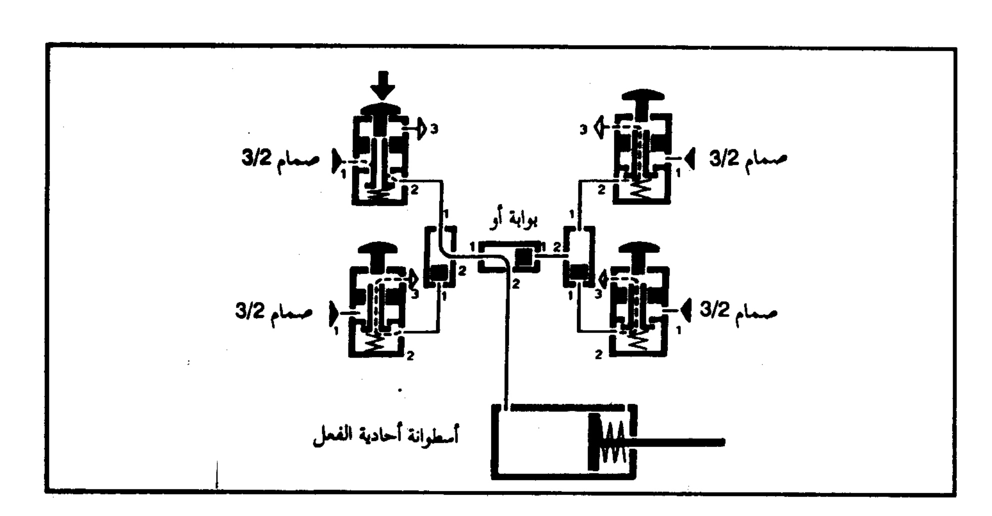
والشكل ٣ ـ ٣٣ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم التحكم فيها فى سرعة أسطوانة أحادية الفعل ، باستخدام صمام 3/2 بضاغط ويای وصمام خانق قابل المعايرة .



الشكل ٣-٣٣



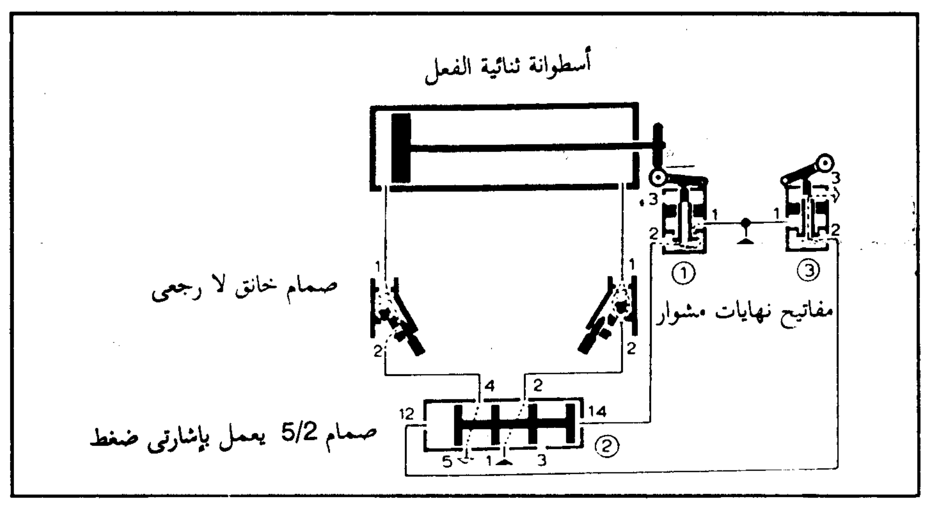
الشكل ٣-٣٤



الشكل ٣- ٣٥

والشكل ٣ ـ ٣٤ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم

التحكم فيها فى أسطوانة ثنائية الفعل تتقدم وتتراجع بسرعة مستخدماً صمام 5/2 بذراع تشغيل دوارة وصمامى تصريف سريع .



الشكل ٣- ٣٦

والشكل ٣ ـ ٣٥ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم التحكم فيها فى أسطوانة أحادية الفعل ، يتم تشغيلها من أربعة أماكن مختلفة باستخدام أربعة صمامات 3/2 بضاغط وياى وثلاث بوابات أو .

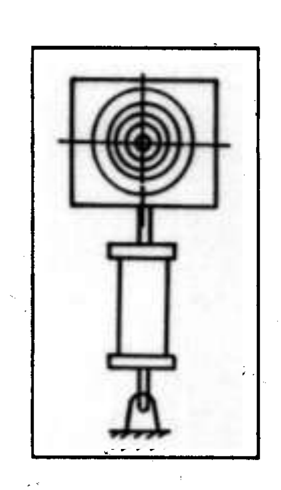
والشكل ٣ ـ ٣٦ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة لتشغيل أسطوانة ثنائية الفعل حركة ترددية وذلك بالاستعانة بالصمامين 1, 3 ، وهما صمامان 3/2 يعملان كصمامى نهاية مشوار ، ويمكن التحكم فى سرعة الأسطوانة فى مشوارى الذهاب والعودة بواسطة صمامين خانقين لارجعيين .

الباب الرابع
تطبيقات على التحكم النيوماتيكي

٤ ـ ١ جهاز رماية الأسلحة الخفيفة :

يتكون هذا الجهاز من أسطوانة هوائية تحمل نموذج رماية يأخذه الرماة هدفاً لهم للتدريب على فن الرماية. وتقوم الأسطوانة بتحريك هذا النموذج فى ثلاثة مستويات مختلفة باستخدام ثلاثة ضواغط يدوية . والمخطط التكنولوجى لهذا الجهاز موضح بالشكل ٤ ـ ١ والدائرة الهوائية بالشكل ٤ ـ ٢.

محتويات الدائرة الهوائية :



الشكل ٤ ـ ١

أسطوانة بذراعين متضادين . A

صمام 4/2 يعمل كصمام قدرة . B, C

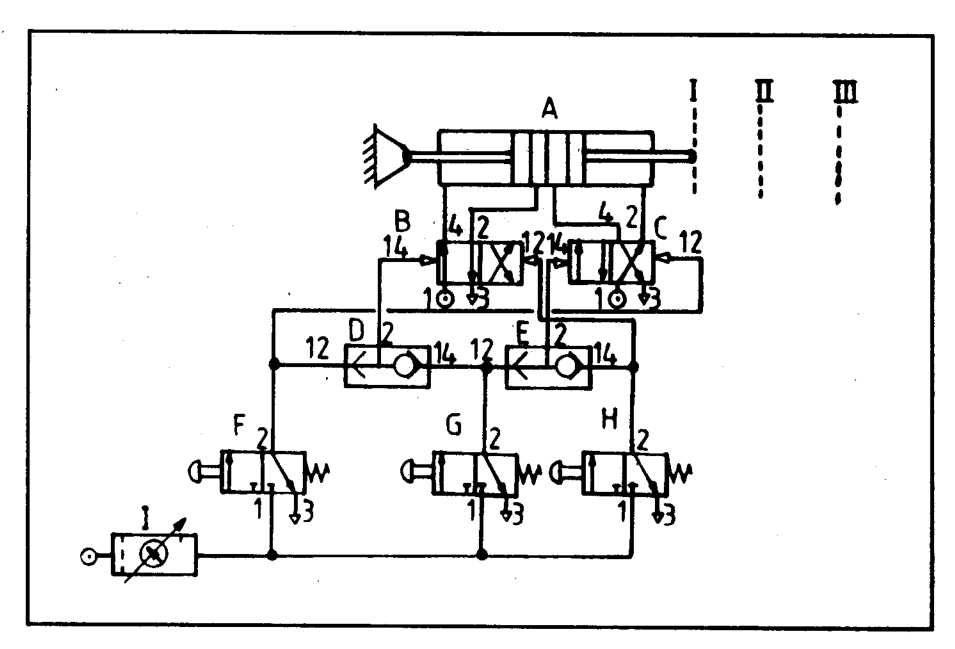
صمام ترددى (بوابة أو) . D, E

صمام 3/2 بضاغط ويای للحصول على وضع البداية (I). F

صمام 3/2 بضاغط ويای للحصول على وضع المنتصف (II) . G

صمام 3/2 بضاغط ويای للحصول على وضع النهاية (III) . H

وحدة الخدمة . L



الشكل ٤-٢

نظرية عمل الدائرة الهوائية :

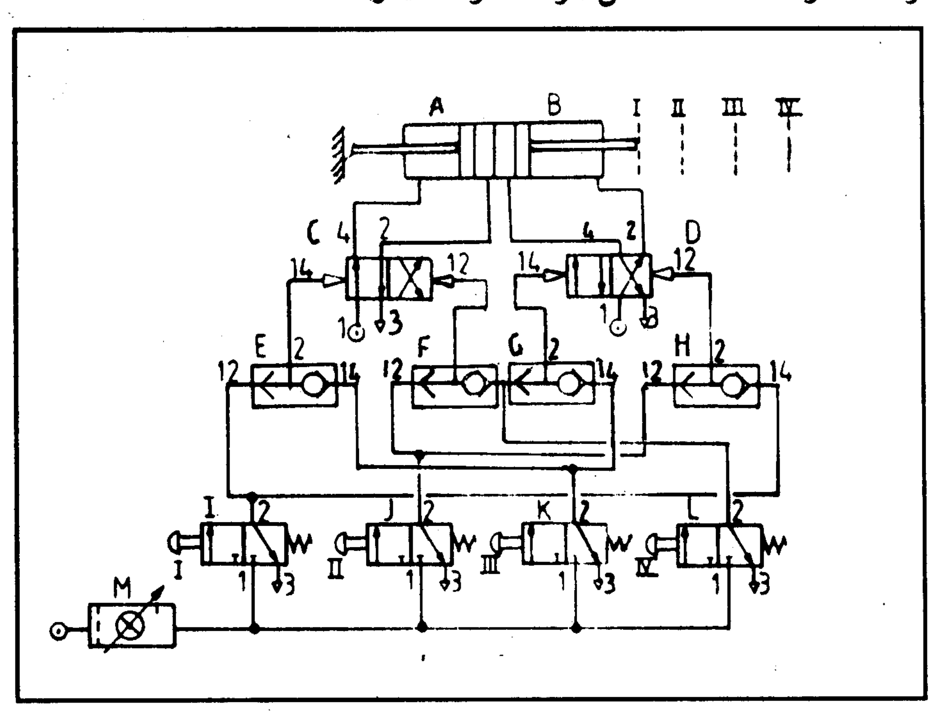
عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام F تصل إشارة ضغط للمدخل 12 للصمام D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B ، وتصل أيضاً إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام c، فنحصل على الوضع I للأسطوانة .

وعند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام G تصل إشارة ضغط للمدخل 14 للصمام D ، وكذلك تصل إشارة ضغط للمدخل 12 للصمام E، فينتج عن ذلك وصول إشارتي ضغط لمدخل التحكم 14 لكلا الصمامين B, C، فنحصل على الوضع II للأسطوانة .

وعند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام H تصل إشارةضغط للمدخل 14 للصمام E) فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2 لهذا الصمام لتصل لمدخل

التحكم 14 للصمام C) وكذلك تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمامB ، فنحصل على الوضع III للأسطوانة .

أما الشكل ٤-٣ فيعرض الدائرة الهوائية لجهاز رماية يتحرك نموذجه في أربعة مستويات مختلفة تعمل بأربعة ضواغط يدوية .



الشكل ٤ – ٣

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل قصيرة الشوط	A
أسطوانة ثنائية الفعل طويلة الشوط	B
صمام 4/2 بإشارتي ضغط	C,D
بوابة أو	E, F, G, H

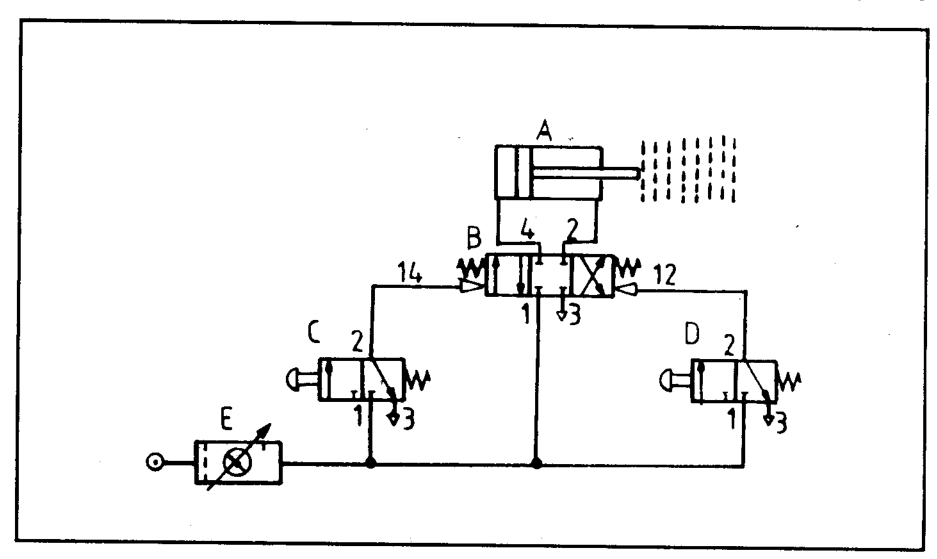
صمام 3/2 بضاغط وياي للحصول على الحركات الأربعة I, J, K, L

وحدة الخدمة M

نظرية العمل :

لاتختلف نظرية عمل الدائرة الهوائية الموضحة بالشكل ٤-٣ عن نظرية عمل الدائرة الموضحة بالشكل ٤-٢ . حاول أن تستنتج نظرية عمل الدائرة التي نحن بصددها بنفسك .

وفي الشكل ٤-٤ الدائرة الهوائية لجهاز رماية يتحرك نموذجه في عدد لانهائي من المستويات ، يتم التحكم فيه بواسطة ضاغطين **أحدهما** للرفع **والآخر** للخفض .



الشكل ٤ - ٤

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل طويلة الشوط A

صمام 4/3 بإشارتي ضغط B

صمام 3/2 بضاغط وياي للحصول على شوط الذهاب للأسطوانة C

صمام 3/2 بضاغط وياي للحصول على شوط العودة للأسطوانة D

وحدة الخدمة E

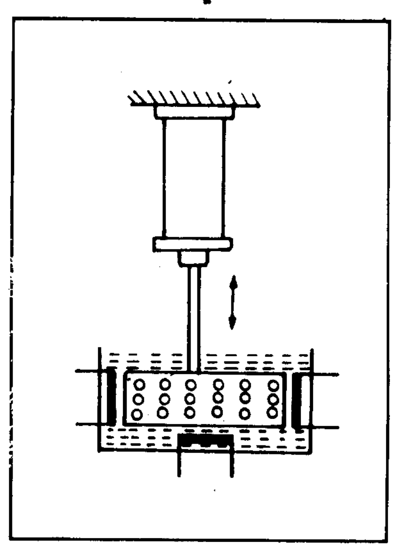
نظرية عمل الدائرة الهوائية :

عند الضغط على ضاغط الصمام C ، تصل إشارة ضغط إلى وصلة التحكم 14 للصمام B ، فيتغير وضع الصمام إلى الوضع الأيسر ، فيدخل الهواء المضغوط عبر المسار 4 ← 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 3 ← 2 ، وتتقدم الأسطوانة إلى النقطة التى يقوم عندها المشغل بإزالة الضغط عن ضاغط الصمام C ، فتتوقف الأسطوانة نتيجة لعودة الصمام B لوضعه الابتدائي الذي فيه جميع الوصلات مغلقة . ومن الواضح أنه بزيادة زمن الضغط على ضاغط الصمام C تزداد المسافة المقطوعة لذراع الدفع للأسطوانة في شوط الذهاب والعكس بالعكس . أما عند الضغط على ضاغط الصمام D ، تصل إشارة ضغط لوصلة التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع المركزي إلى وضع التشغيل الأيمن ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 ← 1 ويخرج هواء العادم عبر المسار 3 ← 4 ، وتتراجع الأسطوانة وتتوقف عند النقطة التي عندها يزال الضغط عن ضاغط الصمام D ، نتيجة لعودة الصمام B لوضعه الابتدائي المغلق الوصلات .

٤-٢ وحدة جلفنة مواسير الصلب :

تستخدم هذه الوحدة في مصانع صناعة المواسير الصلب ، حيث تقوم هذه الوحدة بغمر مواسير الصلب بعد تصنيعها في خزان الزنك المنصهر لجلفنة

المواسير، وتتم عملية غمر المواسير وإخراجها من الخزان ببطء لمنع الطرطشة : والشكل ٤-٥ يعرض المخطط التكنولوجي لهذه الوحدة .

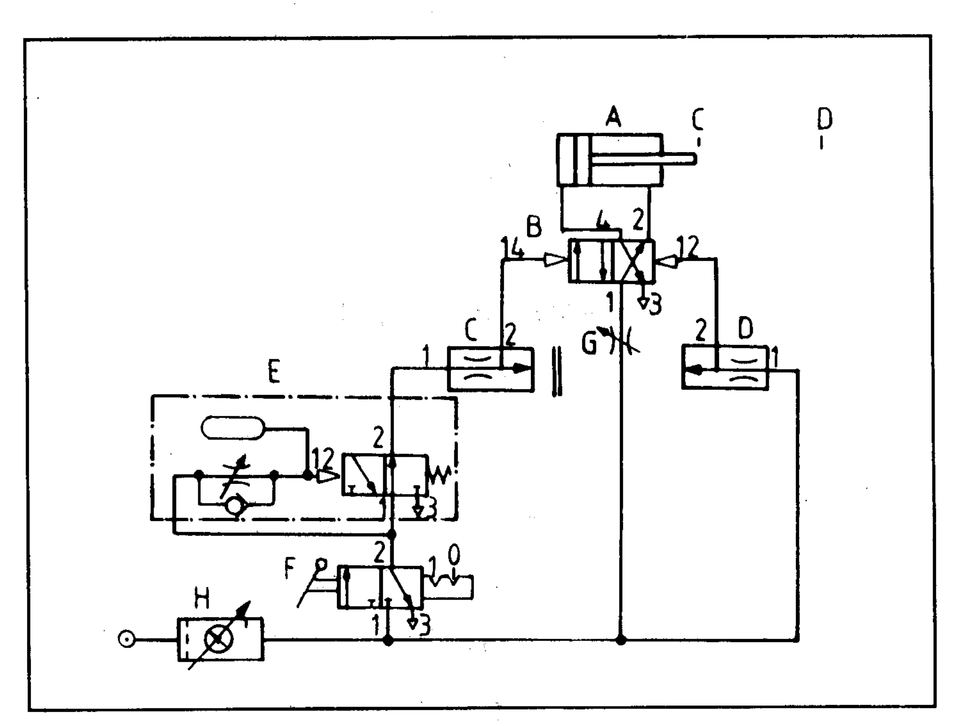


الشكل ٤ - ٥

أما الشكل ٤-٦ فيعرض دائرة التحكم الهوائية لوحدة جلفنة المواسير الصلب.

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل	A
صمام 4/2 بإشارتي ضغط	B
مجسين بضغط خلفي	C, D
مؤقت زمني بوضع ابتدائي مفتوح	E
صمام 3/2 بذراع تشغيل	F
صمام خانق قابل المعايرة	G
وحدة الخدمة	H



الشكل ٤ – ٦

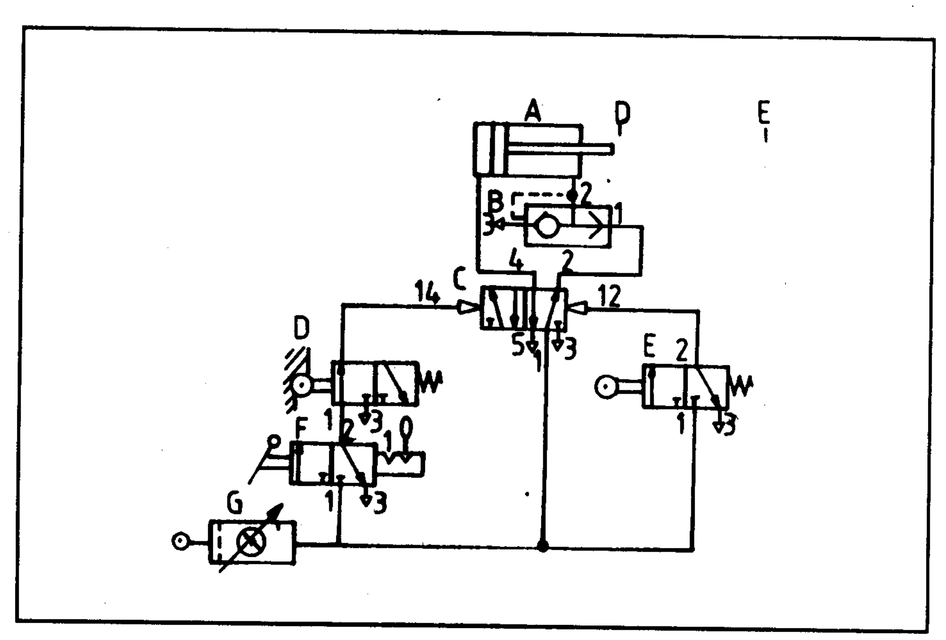
نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع التشغيل للصمام F على وضع 1 ، يمر الهواء المضغوط عبر المؤقت الزمني الهوائي E ، وكذلك عبر المجس ذي الضغط الخلفي C (حيث إن ذراع الأسطوانة يكون مقابل للمجس عند التراجع) ليصل لمدخل التحكم 14 للصمام B، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وفي هذه الحالة يكون ذراع الأسطوانة في مواجهة المجس D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام B، فتتراجع الأسطوانة A للخلف ، وفي هذ الحالة يصبح ذراع الأسطوانة في مواجهة المجس C، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وهكذا تتحرك الأسطوانة حركة ترددية بطيئة نتيجة لخنق هواء المصدر وبعد انتهاء الزمن المعاير عليه المؤقت الزمني E ينقطع

وصول الهواء المضغوط للمدخل 1 للمجس C ، وتباعاً ينقطع الهواء المضغوط عن مدخل التحكم 14 للصمام B لحظة رجوع الأسطوانة للخلف فتتوقف الأسطوانة. وبذلك يمكن القول بأن هذه الدائرة تقوم بتشغيل الأسطوانة A حركة ترددية بطيئة لفترة زمنية مقدارها T .

٤-٣ دقاق الأحجار اليدوي Hand held Hammer :

يستخدم دقاق الأحجار اليدوي في التعدين وإنشاء وصيانة الطرق . والشكل ٤-٧ يبين الدائرة الهوائية لهذا الدقاق .



الشكل ٤ - ٧

محتويات الدائرة الهوائية :

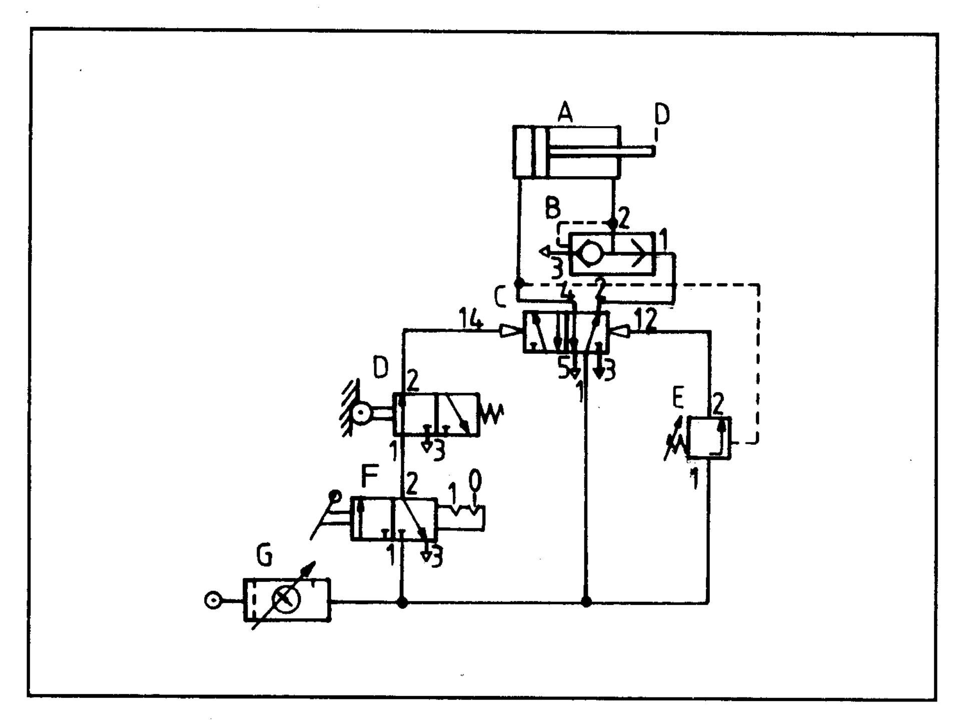
أسطوانة ثنائية الفعل	A
صمام تصريف سريع	B

صمام 5/2 بإشارتي ضغط	C
صمام 3/2 ببكرة وياي	D,E
صمام 3/2 بذراع تشغيل	F
وحدة الخدمة	G

نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع تشغيل الصمام F على وضع 1 ، ينتقل هذا الصمام للوضع الأيسر له ، فيمر هواء المصدر عبر هذا الصمام ، وكذلك عبر الصمام D (نتيجة لانضغاط بكرته بفعل الكامة المثبتة على ذراع الأسطوانة) ليصل إلى مدخل التحكم 14 للصمام C ، فينتقل الصمام إلى وضع التشغيل الأيسر له ، فيمر هواء المصدر عبر المسار 4 ← 1 ، بينما يمر هواء العادم من الأسطوانة في المسار 3 ← 2 لصمام التصريف السريع B ، فتتقدم الأسطوانة بسرعة لتصل إلى مكان تثبيت الصمام E، فتضغط الكامة المثبتة على عمود الأسطوانة على بكرة هذا الصمام ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فينتقل الصمام إلى وضع التشغيل الأيمن له ، فيمر هواء المصدر عبر المسار 2 ← 1 لهذا الصمام ، ثم عبر المسار 2 ← 1 لصمام التصريف السريع B وصولاً للأسطوانة ، بينما يعود هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 5 ← 4 للصمام C ، فتتراجع الأسطوانة للخلف بالسرعة المعتادة ، وصولاً لمكان تثبيت الصمام D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C ، وتتكرر دورة التشغيل من جديد ، وهكذا إلى أن يقوم المشغل بإعادة ذراع الصمام F على الوضع O ، فتتوقف الأسطوانة بعد تراجعها للخلف .

وفي الشكل ٤-٨ دائرة هوائية أخرى لدقاق الأحجار اليدوي .



الشكل ٤ – ٨

ويلاحظ أن محتويات الدائرة الهوائية لا تختلف عن الدائرة السابقة عدا أن الصمام الاتجاهي E استبدل بصمام تتابعي .

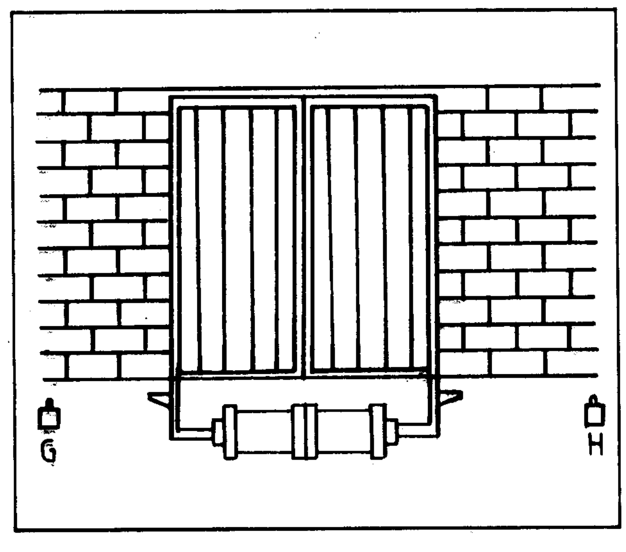
نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع التشغيل للصمام F على الوضع 1 تصل إشارة ضغط عبر المسار 2 ← 1 لكلا الصمامين D و F لمدخل التحكم 14 للصمام C ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام بسرعة ، وفي هذه اللحظة تتحرر بكرة الصمام D ، فينقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 14 للصمام C ، وعند وصول الضغط خلف مكبس الأسطوانة A للضغط المعاير عليه الصمام التتابعي E يفتح الصمام التتابعي ليمرر الهواء المضغوط ، ليصل إلى مدخل التحكم 12 للصمام C ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف لتصل لمكان تثبيت الصمام D ، فتضغط الكامة المثبتة على

ذراع الأسطوانة على بكرة هذا الصمام ، وتتكرر دورة التشغيل من جديد ، وتستمر أسطوانة الدقاق تتحرك حركة ترددية إلى أن يقوم المشغل بوضع ذراع تشغيل الصمام F على وضع O ، فتتراجع الأسطوانة للخلف وتسكن .

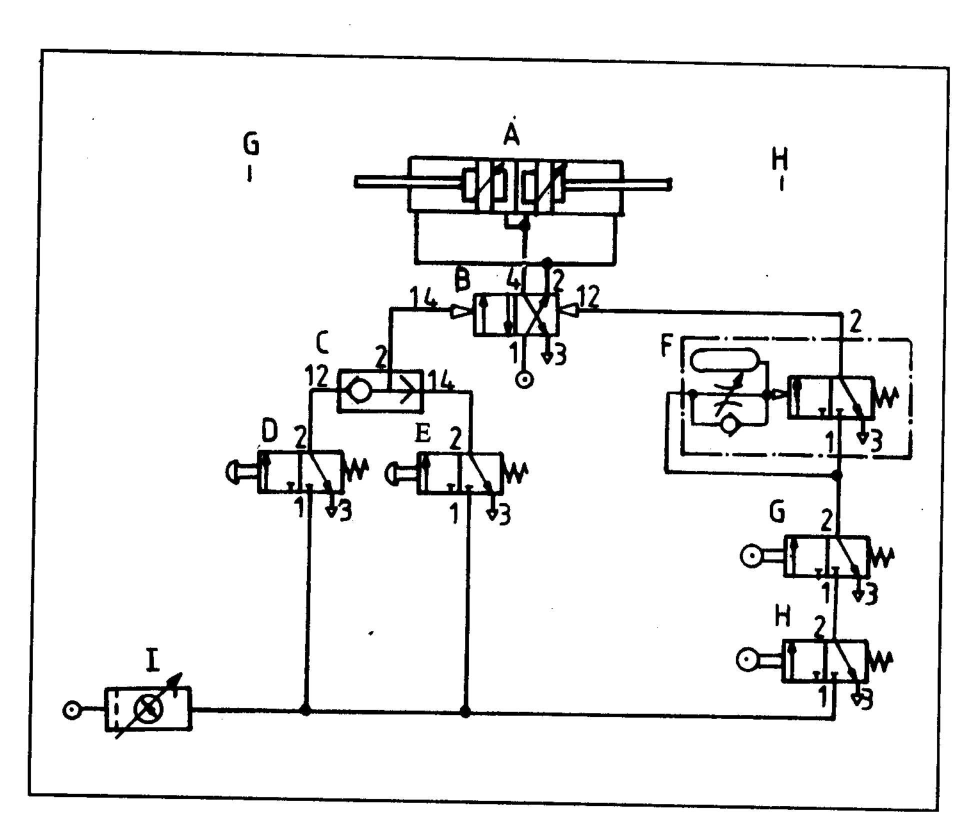
٤-٤ بوابة الجراج الأفقية :

في الشكل ٤-٩ المخطط التكنولوجي لبوابة بدرفتين يتم فتحها باستخدام أسطوانة بذراعين متضادين Opposed Thrust Cylinder.



الشكل ٤ - ٩

وفي الشكل ٤-١٠ الدائرة الهوائية لتشغيل هذه البوابة من مكانين مختلفين .



الشكل ٤ – ١٠

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة بذراعين على جانبيها	A
صمام 4/2 بإشارتي ضغط	B
صمام ترددي (بوابة أو)	C
صمام بضاغط تشغيل وياي	D,E
مؤقت زمني هوائي	F
صمام نهاية مشوار ببكرة وياي	G,H
وحدة الخدمة	I

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط تشغيل الصمام D أو الصمام E تصل إشارة ضغط للبوابة المنطقية C ، فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2 للبوابة لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الأيسر، فيتقدم ذراعي الأسطوانة A لفتح البوابة . وفي هذه اللحظة تضغط الكامات المثبتة على ذراعي الأسطوانة على بكرات صمامات نهايات المشوار G,H . وبالتالي يتغير وضع التشغيل لهذه الصمامات ليصبح الوضع الأيسر فتصل إشارة ضغط عبر الصمامين G,H ، وصولاً للمدخل 1 للمؤقت الزمني F . وبعد انتهاء الزمن المعاير عليه هذا المؤقت يقوم المؤقت بتغيير وضع التشغيل له ، فتمر إشارة الضغط القادمة من الصمامين G,H خلال المؤقت الزمني ، ووصولاً للمدخل 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الأيمن ، فيتراجع ذراعاً الأسطوانة A لغلق بوابة الجراج الأفقية .

٤-٥ الدريل الهوائي :

يفضل استخدام المحركات الهوائية في أعمال التجميع الخفيفة للأسباب الآتية :

١ ـ خفة الوزن وصغر الحجم مقارنة بالمحركات الكهربائية التي لها نفس القدرة .

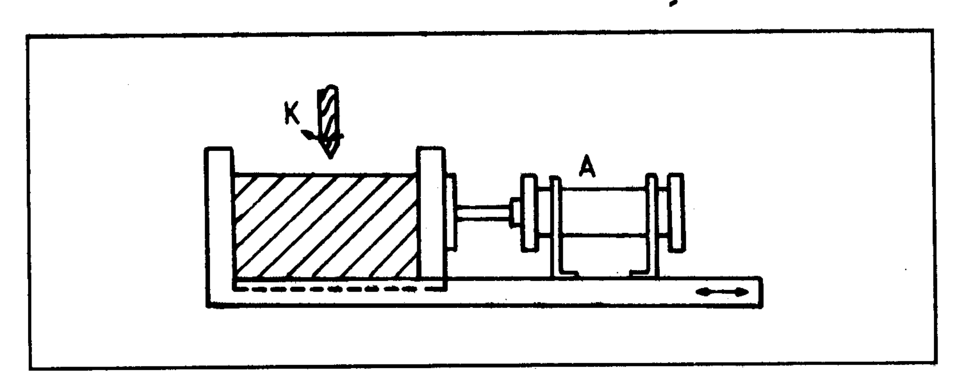
٢ ـ تتحمل الأحمال الزائدة بدون أن تنهار .

٣ ـ يسهل صيانتها .

٤ ـ لايوجد أي احتمال للصدمات الكهربية للعاملين .

٥ ـ مدى لانهائي من السرعات .

وفي الشكل ٤ ـ ١١ المخطط التكنولوجي لدريل هوائي يحتوى على وحدة تثبيت تعمل بضغط منخفض لتثبيت الشغلة بطريقة يسهل ضبطها ، ثم بعد ذلك تعمل بضغط عالٍ لتثبيت الشغلة استعداداً لعملية الثقب .



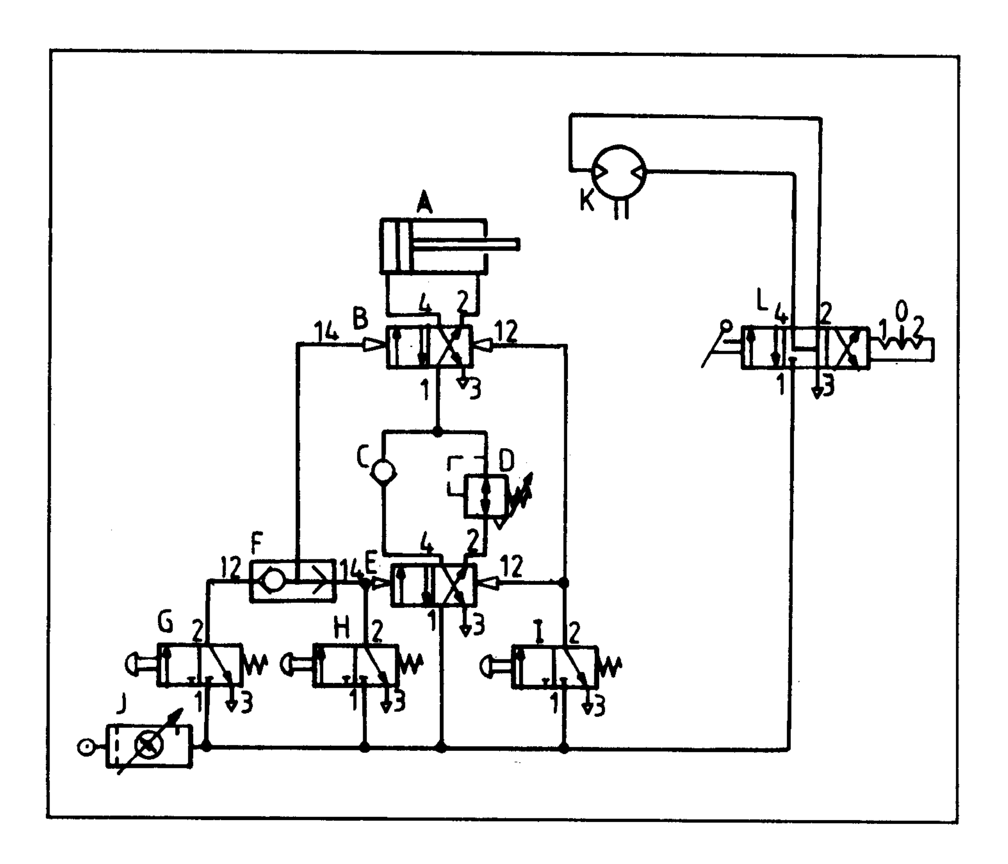
الشكل ٤ ـ ١١

وفى الشكل ٤ ـ ١٢ الدائرة الهوائية للتحكم فى المثقاب الهوائى .

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل لتثبيت الشغلة .	A
صمام 4/2 بإشارتى ضغط .	B, E
صمام لارجعى .	C
منظم ضغط .	D
صمام ترددى (بوابة أو) .	F
صمام 3/2 بضاغط وياى .	G , H , I
وحدة الخدمة .	J
محرك هوائى بسرعة ثابتة ويدور فى اتجاهين	K

صمام 4/3 بذراع تشغيل بثلاثة مواضع .



الشكل ٤ ــ ١٢

نظرية عمل المثقاب الهوائى :

عند الضغط على الضاغط اليدوى للصمام G تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B فتتقدم الأسطوانة A لتثبيت الشغلة بقوة ضعيفة نتيجة لمرور هواء المصدر عبر منظم الضغط D ، وبعد ضبط الشغلة يتم الضغط على الضاغط اليدوى للصمام H، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14لكلٍّ من

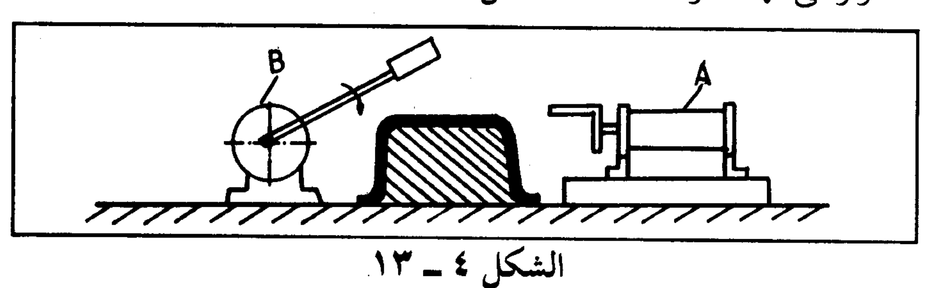
الصمام B، E، فيتغير وضع التشغيل للصمام E ، فيمـر هواء المصدر عبر المسار 4 ←1 ، مروراً بالصمـام اللارجعى C فيصل هواء مضغوط ذى ضغط عال (الضغط المعاير عليه وحدة الخدمة وعادة يكون 6 Bar) خلف الاسطوانة A ، فتزداد قوة تثبيت الشغلة ، وفى هذه الحالة يقوم المشغل بوضع ذراع تشغيل الصمام L على وضع 1، فيدور المحرك الهوائى جهة اليمين ، وبواسطة وسيلة يدوية يقوم المشغل بإعطاء التغذية الرأسية لظرف المثقاب لإتمام الثقب ، وبعد الانتهاء من الثقب يقوم المشغل برفع بنطة المثقاب من الشغلة بواسطة الوسيلة اليدوية أيضاً ، ثم بعد ذلك يعيد المشغل ذراع تشغيل الصمام L على يوضع 0 لإيقاف ظرف المثقاب ، وحينئذ يقوم المشغل بالضغط على الضاغط اليدوى للصمام I لتحرير الشغلة .

ملاحظة:

أحياناً يدار محرك ظرف المثقاب جهة اليسار ، وذلك بوضع ذراع تشغيل الصمام L على وضع 2 عند صعوبة إخراج الظرف من الشغلة بعد انتهاء الثقب بالوسيلة اليدوية .

٤ ـ ٦ وحدة ختم المشغولات البلاستيكية :

توجد هذه الوحدة فى أحد مصانع الأوعية البلاستيكية ، وتقوم هذه الوحدة بعمل ختم على الأوعية المنتجة يتضمن بيانات عن التصنيع . والمخطط التكنولوجى لهذه الوحدة مبينة بالشكل ٤ ـ ١٣ .



الشكل ٤ ـ ١٣

وفى الشكل ٤ – ١٤ الدائرة الهوائية لهذه الوحدة .

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل . A

أسطوانة دوراة . B

صمام 4/2 يعمل بإشارتى ضغط . C, D

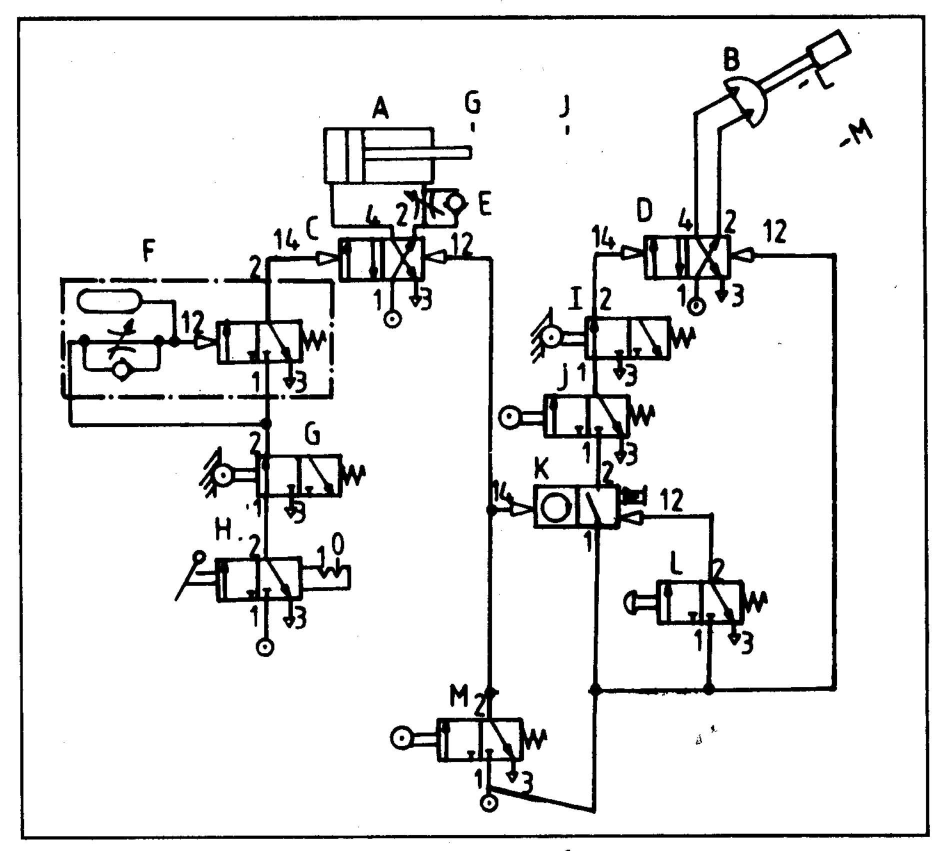
صمام خانق لارجعى قابل المعايرة . E

مؤقت هوائى بوضع ابتدائى مغلق . F

صمام نهاية مشوار . G, I, J, M

عداد هوائى تنازلى . K

صمام 3/2 بذراع تشغيل وياى . H , L



الشكل ٤ ـ ١٤

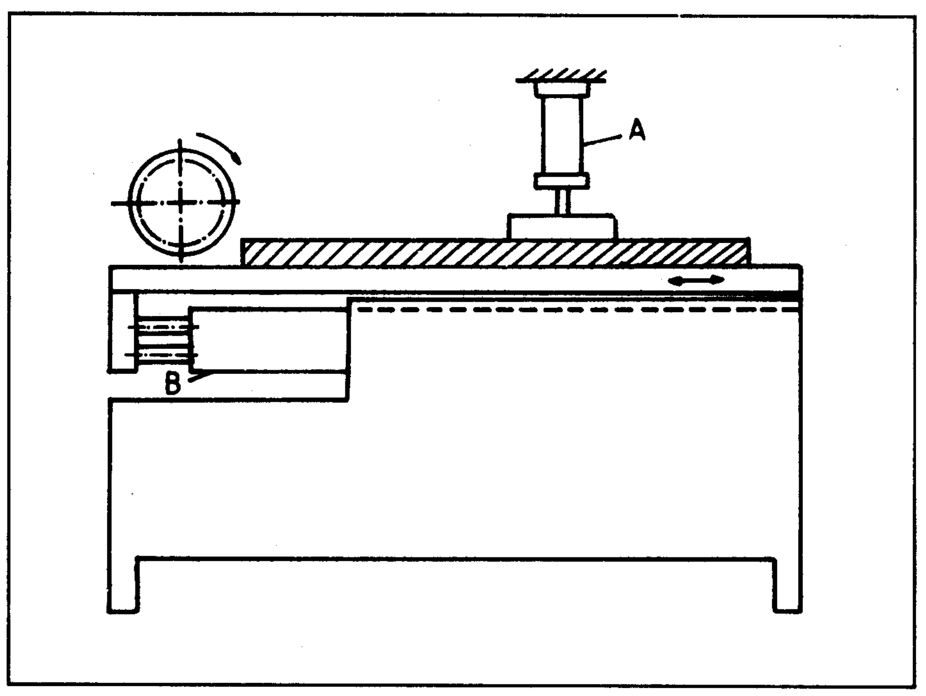
نظرية التشغيل :

لختم عدد معين من الشغلات يتم ضبط العداد الهوائى K على العدد المطلوب ، فيمر هواء المصدر عبر العداد الهوائى ، وعند وضع ذراع التشغيل للصمام H على الوضع 1 تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C، وذلك بعد انتهاء الزمن المعاير عليه المؤقت F (الصمام G يمرر ، هواء مضغوط نتيجة لانضغاط بكرته ، نتيجة لعودة الأسطوانة A للخلف) فتتقدم الأسطوانة A لتثبيت الشغلة وعند وصول الأسطوانة A لآخر شوط الذهاب ، يتغير وضع التشغيل للصمام J إلى الوضع الأيسر فتمر إشارة هواء مضغوط عبر العداد الهوائى K ثم الصمام J ثم الصمام I (نتيجة لانضغاط بكرته عند تراجع الأسطوانة الدوارة B) لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الأيسر فتدور الأسطوانة الدوارة B فى اتجاه عقارب الساعة لعمل الختم المطلوب ، وعند وصول الأسطوانة لمكان الصمام M تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمامين D،C وكذلك إشارة ضغط لمدخل التحكم 14للعداد K (كل هذه الإشارات نتيجة لتغير وضع الصمام M للوضع الأيسر) فتتراجع الأسطوانتان A , B ويقل العدد المحمل به العداد K بمقدار 1 وبعد انتهاء الزمن المعاير عليه المؤقت F واللازم لقيام المشغل باستبدال الوعاء المختوم بآخر غير مختوم تصل إشارة ضغط هوائية عبر الصمام H ، ثم عبر الصمام G ثم عبر المؤقت الهوائى لمدخل التحكم 14 للصمام C وتتكرر دورة التشغيل من جديد وبعد انتهاء كل دورة تشغيل يقل العدد المحمل به العداد K بمقدار 1 ليصل فى النهاية إلى الصفر ، وتتوقف الوحدة ذاتياً ويمكن إعادة تشغيل الوحدة بتحميل العداد مباشرة يالوسيلة اليدوية الخاصة به ، أو بالضغط على ضاغط الصمام L لاستعادة العدد الذى سبق وأن حمل العداد به .

ويلاحظ أن الصمام اللارجعى الخانق E يقوم بتقليل سرعة الأسطوانة A عند تثبيت الوعاء وذلك بخنق هواء العادم.

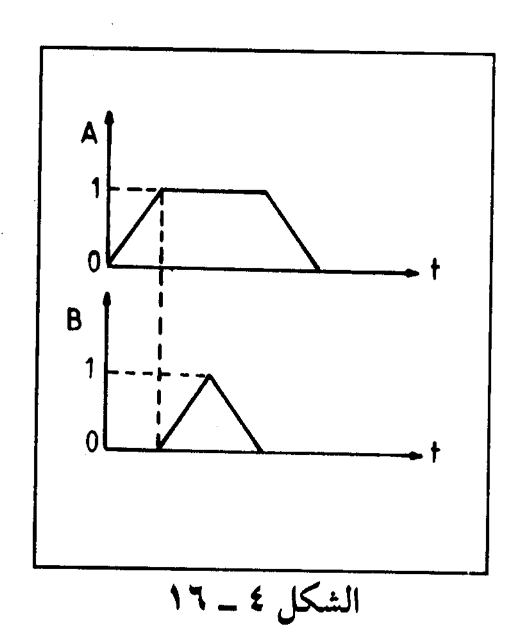
٤ ـ ٧ فريزة الخشب :

تستخدم فريزة الخشب فى ورش الموبيليا لعمل مجارى داخل الخشب وفى الشكل ٤ ـ ١٥ المخطط التكنولوجى لفـريزة خـشب تحـتـوى على أسطوانة للتثبيت، وأسطوانة للتغذية ، ومحرك كهربى لإدارة آلة القطع .



الشكل ٤ ـ ١٥

وفى الشكل ٤ ـ ١٦ مـخطط الإزاحـة الهـوائى . Displacement Diagram لفريزة الخشب .



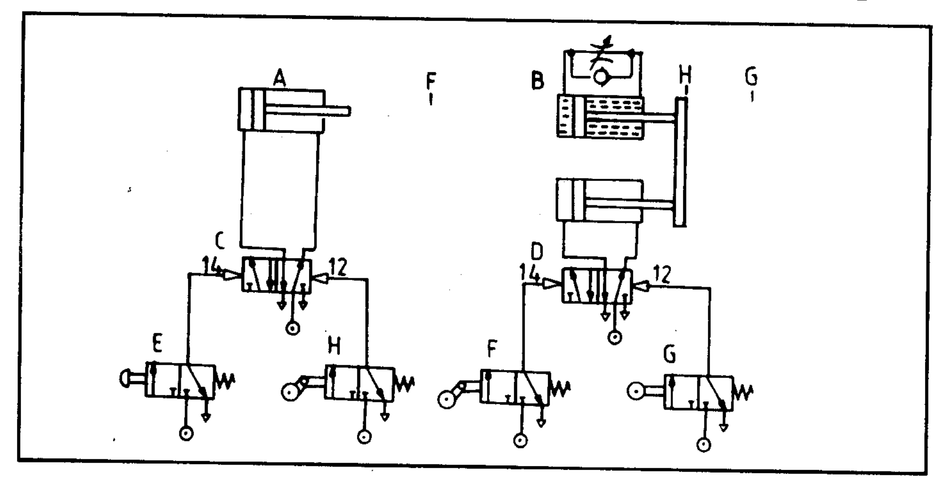
الشكل ٤ ـ ١٦

شرح مخطط الإزاحة :

بمجرد النظر إلى مخطط الإزاحة نفهم أن تتابع التشغيل يكون كالآتى :

+A (تقدم الأسطوانة A) ثم + B (أى تقدم الأسطوانة B) ثم – B(أى تراجع الأسطوانة B) ثم ـ A (أى تراجع الأسطوانة A) .

وفى الشكل ٤ ـ ١٧ الدائرة الهوائية لفريزة الخشب :



الشكل ٤ ـ ١٧

محتويات الدائرة الهوائية :

أسطوانة ثنائية الفعل .	A
أسطوانة هيدروليكية نيوماتيكية .	B
صمام 5/2 يعمل بإشارتى ضغط .	C,D
صمام 3/2 بضاغط يدوى وياى .	E
صمام 3/2 بيكرة خاملة وياى .	H,F
صمام 3/2 بيكرة وياى .	G

نظرية التشغيل :

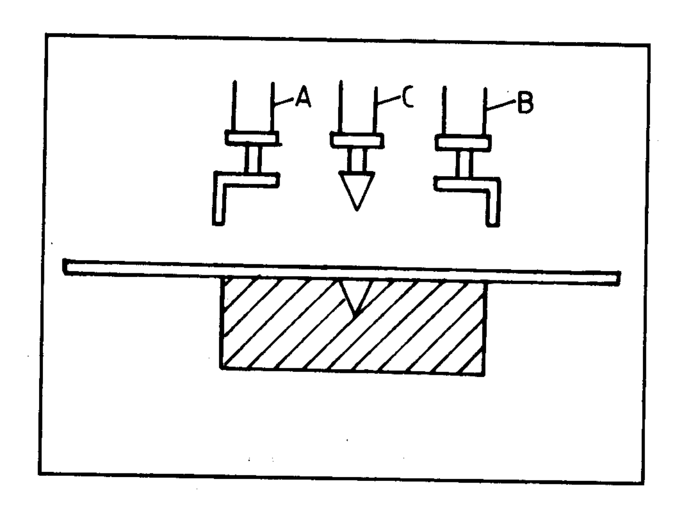
فى البداية يقوم المشغل بإدارة المحرك الكهربى الذى يدير آلة القطع ، وعند الضغط على الضاغط اليدوى للصمام E ، تصل إشارة هواء مضغوط لمدخل التحكم 14 للصمام C فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لنهاية المشوار F والذى يقوم بإمرار نبضة هواء مضغوط لوصلة التحكم 14 للصمام D فتتقدم الأسطوانة B، للأمام ببطء شديد لتقوم آلة القطع بعمل قطع طولى فى لوح الخشب ، وعند انتهاء شوط الذهاب تضغط الكامة المثبتة على عمود الدفع للأسطوانة B بكرة الصمام G فتصل نبضة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام D ،فتتراجع الأسطوانة B للخلف بالسرعة العادية ، وعندما تصل الأسطوانة لنهاية شوط العودة تضغط الكامة المثبتة على ذراع دفع الأسطوانة على بكرة الصمام H ، فتصل نبضة هواء مضغوط إلى مدخل التحكم 12 للصمام C ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف وتتحرر الشغلة .

ملاحظة :

لقد استخدم صمامان بيكرتين خاملتين F , H لمنع تواجد إشارتى ضغط على مدخلى التحكم 14 , 12 للصمام D ، أو الصمام C فى آن واحد لأن مثل هذه الحالة يجب أن تستبعد .

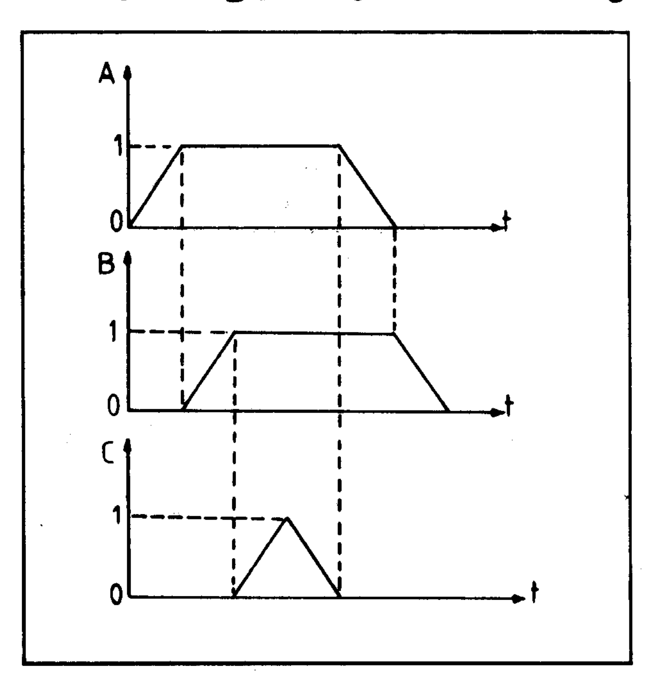
٤ ـ ٨ وحدة ثنى وثقب ألواح الصاج :

عادة فإن معظم العمليات الصناعية تتكون من مجموعة من المراحل المتتالية ووحدة ثنى وثقب ألواح الصاج والتى نحن بصددها هو نموذج مبسط لعملية صناعية تعاقبية(أى تتكون من مجموعة من المراحل المتتالية)وتحتوى هذه الوحدة على ثلاث أسطوانات A, B, C والمخطط التكنولوجى لهذه الوحدة مبين بالشكل ٤ ـ ١٨ .



الشكل٤ - ١٨

وفى الشكل ٤ ـ ١٩ مخطط الإزاحة الهوائى لهذه الوحدة .



الشكل ٤ ـ ١٩

وكما هو واضح من مخطط الإزاحة أن تتابع التشغيل يكون من الشمال إلى اليمين كما يلى :

A+ B+ C+ C- A- B-

وفى الشكل ٤ ـ ٢٠ الدائرة الهوائية لتشغيل وحدة ثنى وقطع ألواح الصاج.

طريقة استنتاج الدائرة الهوائية للعمليات المتتابعة (المتعاقبة) :

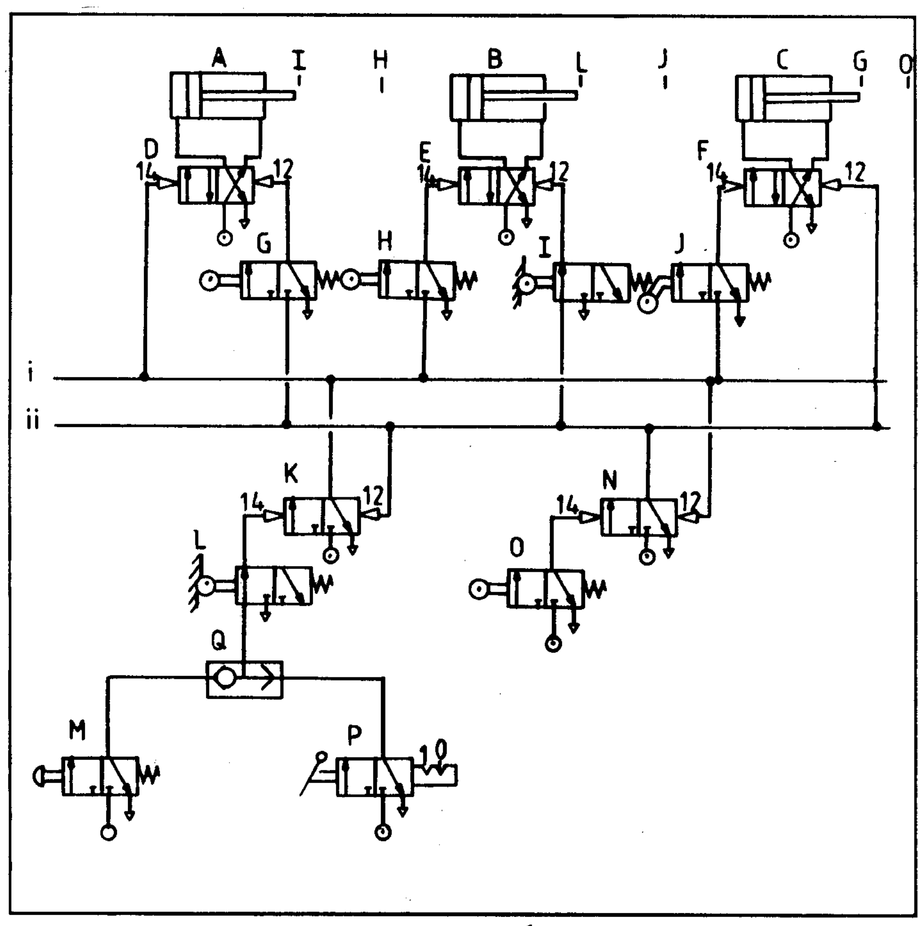
فى البداية يتم تقسيم العملية الصناعية لأقل عدد من المجموعات بحيث لا تحتوى أى مجموعة على عمليتين متضادتين مثل +A ، ـA أو +B ، -B وهكذا.

وفى العملية الصناعية التى نحن بصددها قد تم تقسيمها إلى مجموعتين وهما المجموعة i وتتكون من ثلاث حركات وهى (A+, B+,C+) والمجموعة II وتتكون من ثلاث حركات هى (C-, A-,B-). وفى العمليات المتتابعة فإن كل حركة تبدأ عند انتهاء الحركة السابقة لها ، فمثلاً عند انتهاء الحركة ,A+ أى وصول الأسطوانة A لمكان الصمام H تبدأ الحركة +B وعند انتهاء هذه الحركة أى وصول الأسطوانة B لمكان الصمام J تبدأ الحركة +C وهكذا .

وعادة توضع هذه المعلومات داخل جدول بالإضافة إلى مداخل التحكم الخاصة بالحركات المختلفة فمثلا الحركة +A يتم التحكم فيها بواسطة مدخل التحكم رقم 14 للصمام D ويكتب D/14 وكذلك الحركة +B يتم الحصول عليها عند وصول إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام E ويكتب E/14 وهكذا .

المجموعة	i			ii		
الحركة	A+	B+	C+	C-	A-	B-
إشارة الانتهاء	H	J	O	G	I	L
مدخل التحكم	D/14	E/14	F/14	F/12	D/12	E/12

وعادة يوصل مدخل التحكم لكل حركة مع خط المجموعة الخاصة بها من خلال صمام نهاية مشوار انتهاء الحركة السابقة ، ويستثنى من ذلك أول حركة من كل مجموعة . وبعد ذلك يخصص لكل مجموعة صمام 3/2 بإشارتى ضغط ، فمثلا الصمام k مخصص للمجموعة i ، والصمام N مخصص للمجموعة ii ويتم تشغيل صمام المجموعة الأولى K بإشارة ضغط من صمام



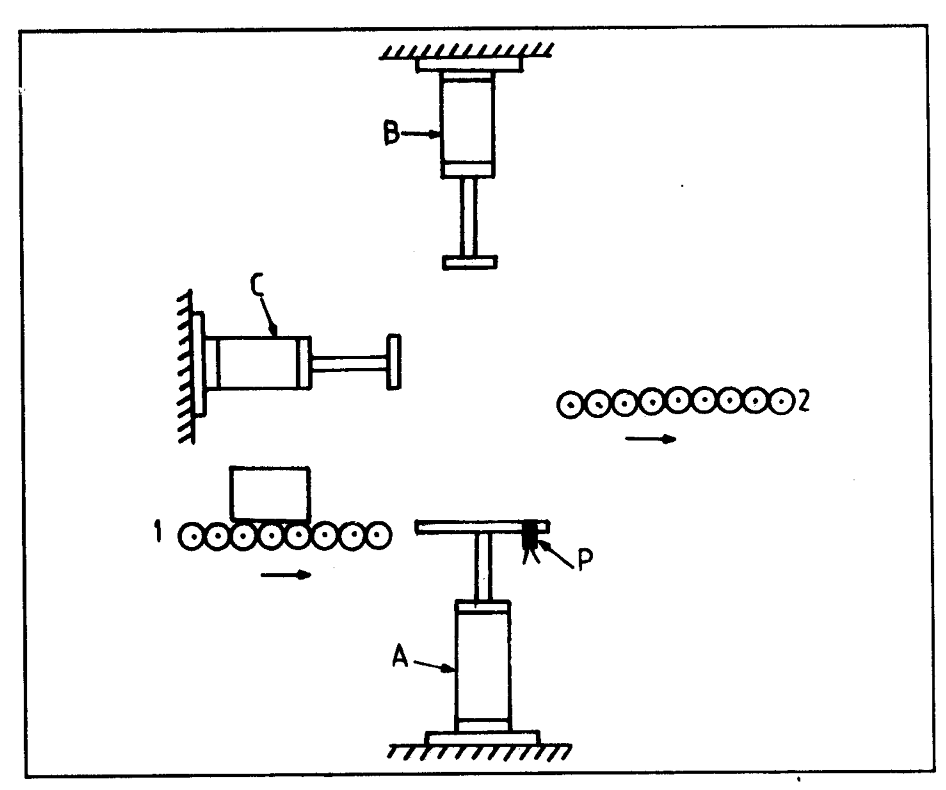
الشكل ٤ – ٢٠

نهاية مشوار الحركة الأخيرة فى المجموعة الثانية وهو I . بينما يتم تشغيل صمام المجموعة الثانية N بإشارة ضغط من صمام نهاية مشوار الحركة الأخيرة فى المجموعة الأولى وهو O . ويتم تحرير صمام المجموعة الأولى K بإشارة ضغط من خط المجموعة الثانية ii ، بينما يتم تحرير صمام المجموعة الثانية بإشارة ضغط من خط المجموعة الأولى i وهكذا . وبعد ذلك يحدد نوع التشغيل هل مرة واحدة أو متكرر ؟ فإذا كان مرة واحدة يخصص صمام 3/2 بضاغط وياى لبدء المجموعة الأولى وهو M ، وإذا كان متكرراً يخصص صمام 3/2 بذراع تشغيل لبدء المجموعة

الأولى وهو p ، وإذا كان كلاهما تستخدم بوابة أو وهى Q . ويراعى استخدام صمامات نهاية مشوار ببكرات خاملة إذا كانت الحركة الأخيرة لإحدى المجموعات معاكسة للحركة الأولى للمجموعة التالية لها ففى هذا المثال فإن الحركة الأخيرة للمجموعة الأولى كانت + c والحركة الأولى للمجموعة الثانية كانت – c لذلك يستخدم صمام نهاية مشوار ببكرة خاملة ليعطى إشارة الانتهاء للحركة السابقة للحركتين –C ، +C وهو J .

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوى للصمام M تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام K (وذلك مروراً بالبوابة Q وصمام نهاية المشوار L) وينشأ عن ذلك إشارة ضغط لخط التحكم i، ومن ثم لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لنهاية المشوار H ، فتصل إشارة ضغط لوصلة التحكم 14 للصمام E(وذلك مروراً بصمام نهاية المشوار H) فتتقدم الأسطوانة B وصولاً لصمام نهاية المشوار ذات البكرة الخاملة J فتصل نبضة ضغط عبر هذا الصمام لمدخل التحكم 14 للصمام F ، فتتقدم الأسطوانة C للأمام وصولاً لصمام نهاية المشوار O فتصل إشارة ضغط عبر هذا الصمام لمدخل التحكم 14 للصمام N ، فتصل إشارة ضغط لخط التحكم ii ، وتباعاً تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام K فتنقطع إشارة الضغط عن خط التحكم i وفى هذه اللحظة تصل إشارة ضغط من خط التحكم ii إلى مدخل التحكم 12 للصمام F فتتراجع الأسطوانة C وصولاً لصمام نهاية المشوار G فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام D (وذلك عبر الصمام G) فتتراجع الأسطوانة A وصولاً لصمام نهاية المشوار I فتصل إشارة ضغط عبره لمدخل التحكم 12 للصمام E فتتراجع الأسطوانة B وحينئذ تتوقف دورة التشغيل بعد انتهائها ويمكن تكرار دورة التشغيل مرة أخرى وذلك بالضغط على الضاغط اليدوى للصمام M أو بوضع ذراع تشغيل الصمام P على وضع 1 للحصول على تشغيل متكرر .



الشكل ٤ – ٢١

٤–٩ وحدة ختم الصناديق البريدية :

تتكون هذه الوحدة من ثلاث أسطوانات وهي كالآتي :

الأسطوانة A للرفع ، والأسطوانة B للختم ، والأسطوانة C للدفع على السير الثاني، والمخطط التكنولوجي لهذه الوحدة موضح بالشكل ٤ – ٢١.

أما الشكل ٤–٢٢ فيبين مخطط الإزاحة لهذه الوحدة .

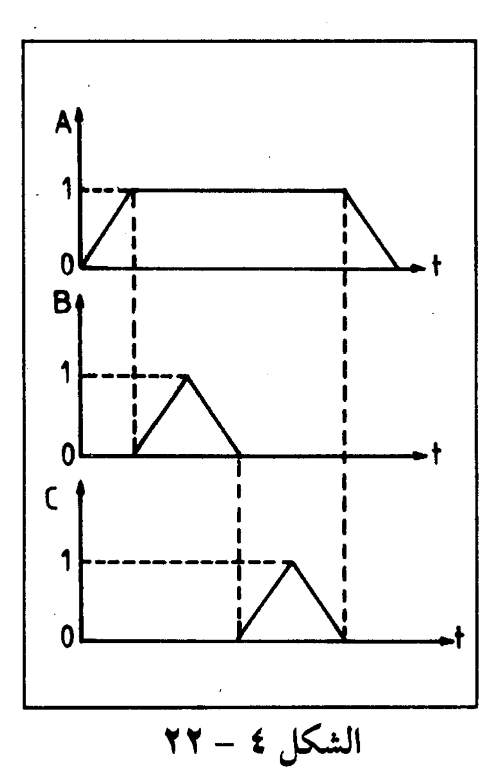
وكما هو واضح من مخطط الإزاحة أنه لنقل الصندوق من مستوى السير 1 إلى مستوى السير 2 يتم ذلك في ست مراحل وهي كالآتي :

+A أي تقدم الأسطوانة A ثم +B أي تقدم الأسطوانة B ، ثم -B ، أي تراجع الأسطوانة B ثم +C أي تقدم الأسطوانة C ثم -C ، أي تراجع الأسطوانة C ثم -A

أي تراجع الأسطوانة A ويكون تتابع التشغيل من الشمال لليمين على النحو التالي :

A+ , B+ , B- , C+ , C- , A-

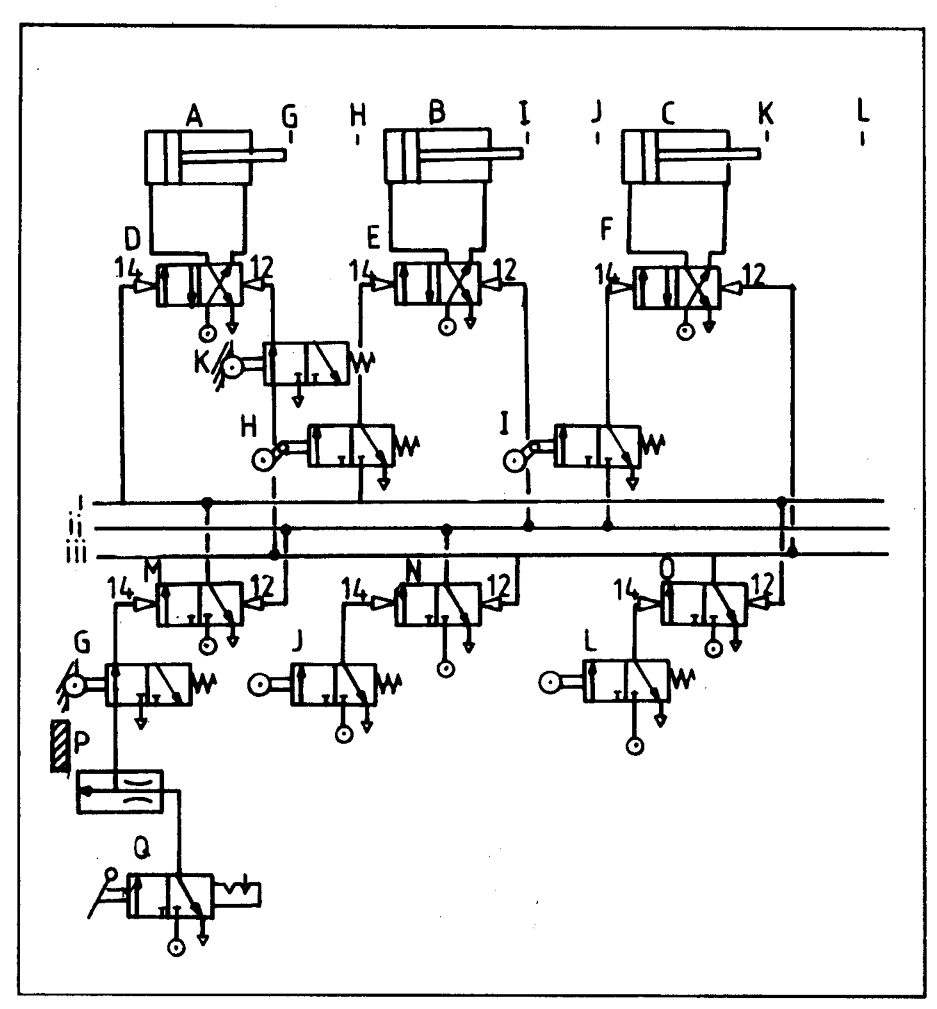
فإذا خصصنا الصمامات D, E, F, لتكون صمامات التحكم في الحركات المختلفة وخصصنا صمامات نهاية المشوار G, H, I, J, K, L كصمامات نهاية مشوار الحركات الست فيكون جدول التخصيص على النحو التالي :



الشكل ٤ – ٢٢

المجموعة	i		ii		iii	
الحركة	A+	B+	B-	C+	C-	A-
إشارة الانتهاء	H	j	i	L	K	G
وصلة التحكم	D/14	E/14	E/12	F/14	F/12	D/12

وفي الشكل ٤–٢٣ المخطط الهوائي والمستنتج بنفس الطريقة المشروحة في المثال السابق .



الشكل ٤ - ٢٣

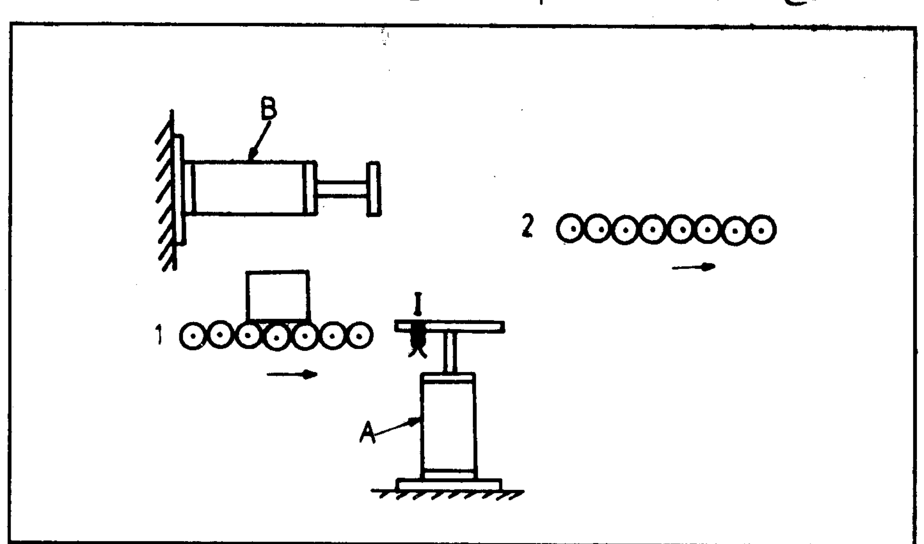
ملاحظات :

- مجس الضغط الخلفي P يعمل عند وصول صندوق فوق منضدة الرفع .
- الصمام Q يستخدم في التحكم في تشغيل أو إيقاف الوحدة .
- الصمام I ببكرة خاملة لمنع وصول إشارتي ضغط للصمام F في آن واحد

وكذلك الصمام H ببكرة خاملة لمنع وصول إشارتي ضغط للصمام E في آن واحد .

٤-١٠ وحدة رفع الصناديق :

الشكل ٤-٢٤ يعرض المخطط التكنولوجي لهذه الوحدة والتي تتكون من عدد 2 سير وأسطوانتين ، وتعمل هذه الوحدة على رفع الصناديق التي تصل إلى منضدة الرفع لمستوى السير 2 . ثم دفعها على السير 2 .



الشكل ٤ - ٢٤

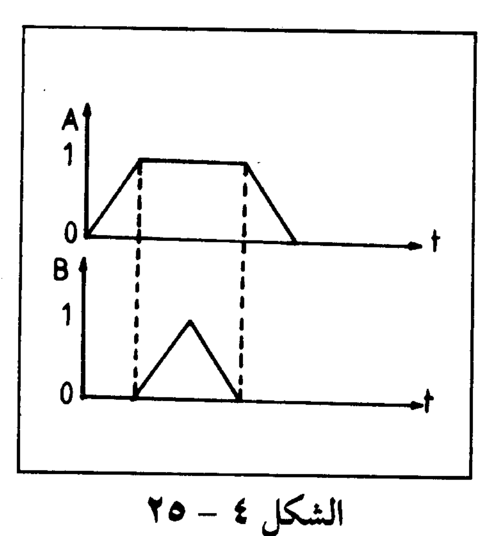
ويستخدم مجس تقاربي من النوع ذي الضغط الخلفي للإحساس بوصول صندوق على منضدة الرفع . وفي الشكل ٤-٢٥ مخطط الإزاحة لهذه الوحدة.

وفيما يلي تتابع التشغيل المستنتج من مخطط الإزاحة من اليسار إلى اليمين.

A+ , B+ , B- , A-

وتتم عملية رفع الصناديق من السير 1 إلى السير 2 على النحو التالي : عند

وصول صندوق من السير 1 لطاولة رفع الصناديق تتقدم الأسطوانة A لرفع الصندوق لمستوى السير 2 وبعد ذلك تتقدم B لدفع الصندوق من على الطاولة إلى السير 2 ثم تتراجع للخلف بعد ذلك . وأخيراً تتراجع الأسطوانة A وتتكرر دورة التشغيل السابقة كلما وصل صندوق لطاولة الرفع.

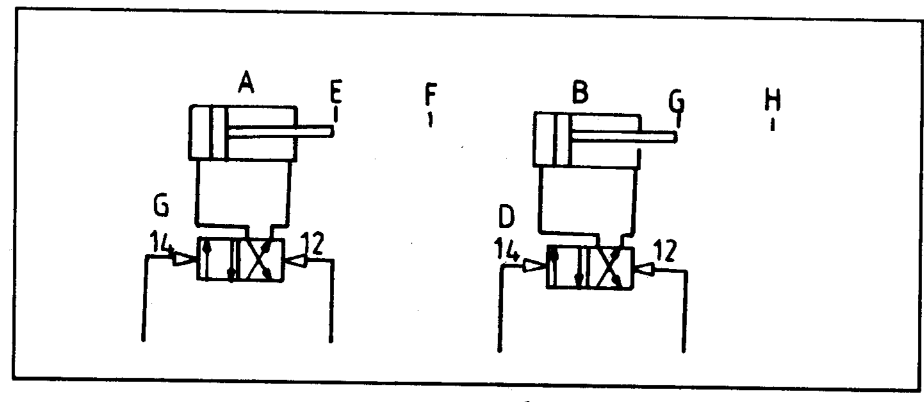


الشكل ٤ – ٢٥

طريقة استنتاج الدائرة الهوائية باستخدام الموديولات المنطقية :

عادة نختار عدد موديولات الذاكرة يساوي عدد الحركات بالإضافة إلى موديول بداية وموديول نهاية .

ففي هذا المثال سنستخدم عدد 4 موديول ذاكرة وموديول بداية وموديول نهاية. وفي البداية ترسم الأسطوانات وصمامات التحكم حتى يسهل استنتاج جدول التخصيص وهذا موضح بالشكل ٤–٢٦ .



الشكل ٤ – ٢٦

وفيما يلي جدول التخصيص :

رقم الموديول	1	2	3	4	5	6
نوع الموديول	بدء	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	نهاية
مدخل الموديول	المصدر	وسيلة البدء	F	H	G	E
مخرج الموديول	—	C/14	D/14	D/12	C/12	وسيلة البدء
الحركة المستنتجة	—	A+	B+	B-	A-	—

حيث إن :

ـ مدخل موديول البدء هو مصدر الضغط بينما مدخل باقي الموديولات هو صمام نهايةالمشوار الخاص بنهاية الحركة السابقة عدا موديول الذاكرة الأول فيوصل بوسيلة بدء التشغيل اليدوية .

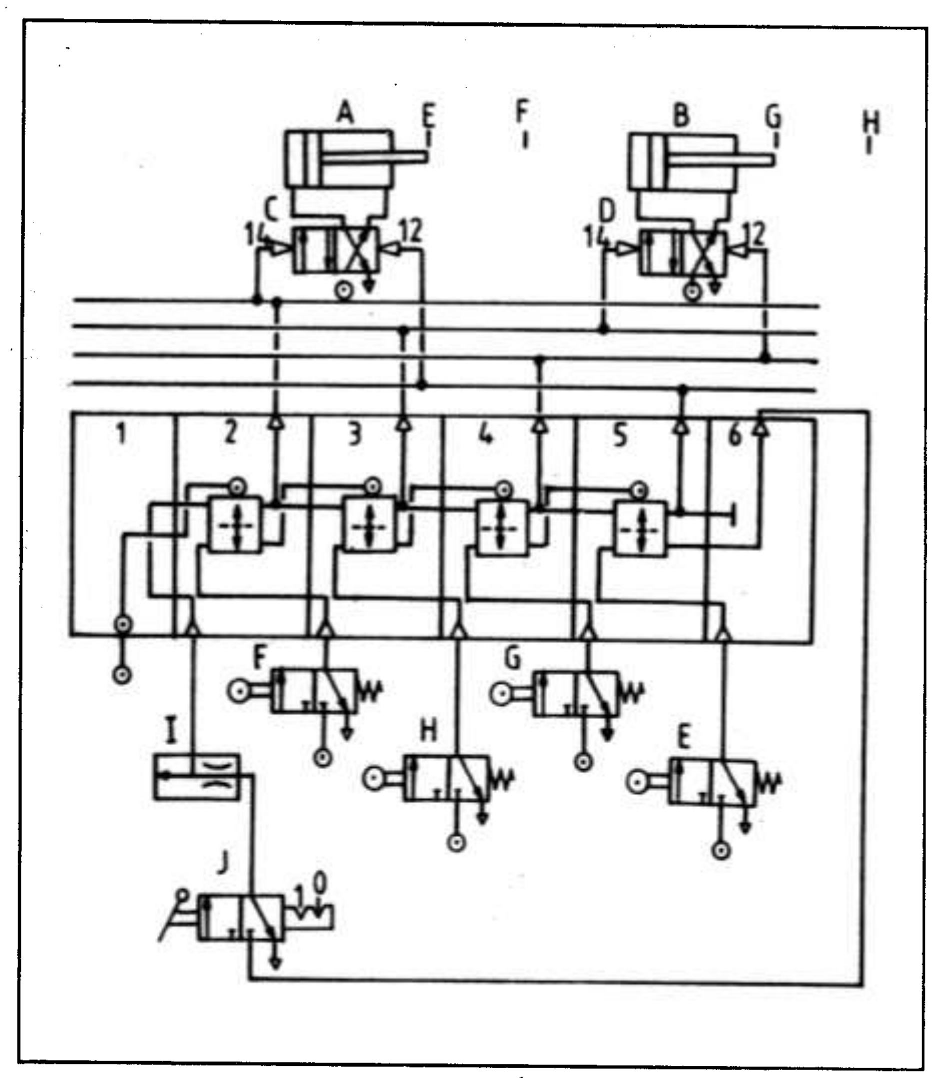
ـ ومخرج موديول الخرج هو وسيلة بدء التشغيل اليدوية ومخرج كل موديول ذاكرة هو مدخل التحكم للصمام الخاص بالحركة المطلوبة .

وفي الشكل ٤-٢٧ الدائرة الهوائية للتحكم في وحدة رفع الصناديق مستخدماً الموديولات المنطقية الهوائية .

نظرية التشغيل :

في البداية يوضع ذراع تشغيل الصمام J على وضع 1 ، ويكون الصمام E في وضع التشغيل الأيسر له نتيجة لانضغاط بكرته بفعل الكامة المثبتة في ذراع الأسطوانة A . وعند وصول صندوق لطاولة الرفع يرتد الضغط من المجس I فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 2 ، فيخرج ضغط من موديول الذاكرة 2 لتصل

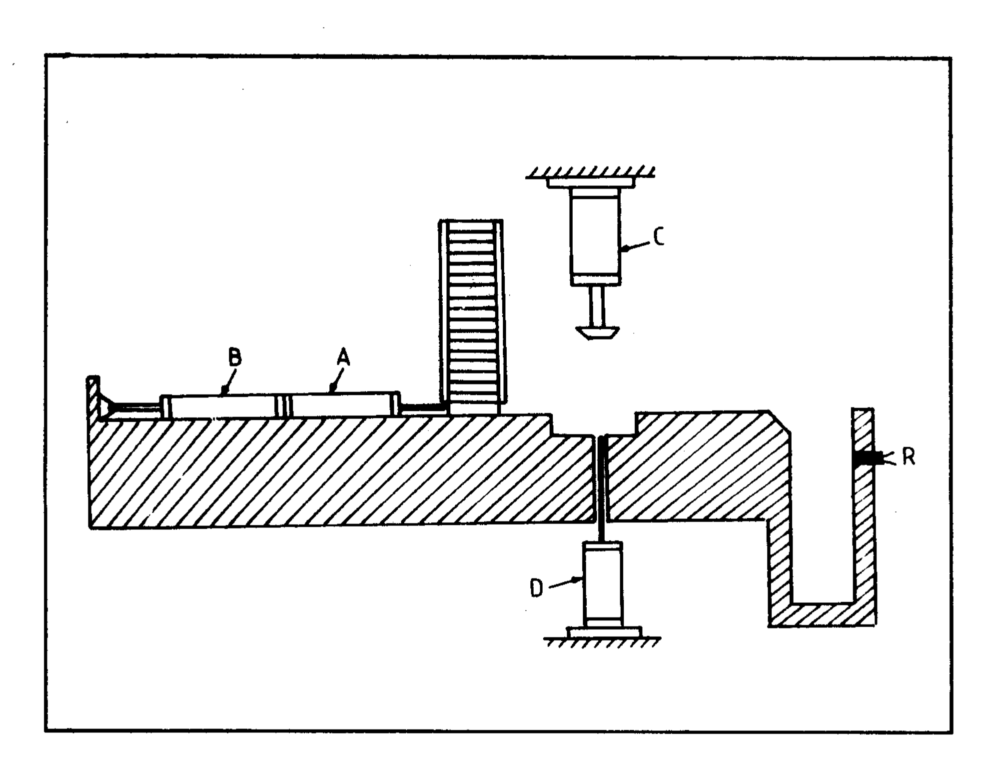
لمدخل التحكم 14 للصمام C ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار F ، فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 3 فتخرج إشارة ضغط من مخرج هذا الموديول لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فتتقدم الأسطوانة B للأمام وصولاً لصمام نهاية المشوار H فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 4 ، وتباعاً تخرج إشارة ضغط من هذا الموديول لتصل إلى مدخل التحكم 12 للصمام D فتتراجع الأسطوانة B للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار G فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 5 فتخرج إشارة ضغط من هذا الموديول لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار E فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 6 فتخرج إشارة ضغط من هذا الموديول لتمر خلال صمام التشغيل J ، وتصل إلى مدخل المجس التقاربي ذى الضغط الخلفىI وبمجرد وصول صندوق إلى طاولة الرفع يرتد الضغط من المجس I لتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 2 وتتكرر دورة التشغيل من جديد وهكذا .



الشكل ٤ – ٢٧

٤-١١ وحدة سك العملات المعدنية :

الشكل ٤-٢٨ يبين المخطط التكنولوجي لهذه الوحدة .



الشكل ٤ - ٢٨

أما الشكل ٤-٢٩ فيبين مخطط الإزاحة لهذه الوحدة .

ومن مخطط الإزاحة نستنتج أن تتابع التشغيل من اليسار إلى اليمين يكون على النحو التالي :

A+ , C+ , C- , D+ , B+ , B- , D- , A-

وتتم عملية سك العملات المعدنية بالطريقة التالية :

- تقدم الأسطوانة A لدفع العملة المعدنية من مخزن العملات .
- تقدم الأسطوانة C لسك العملة .
- تراجع الأسطوانة C .
- تقدم الأسطوانة D لدفع العملة المسكوكة من مكان التثبيت .

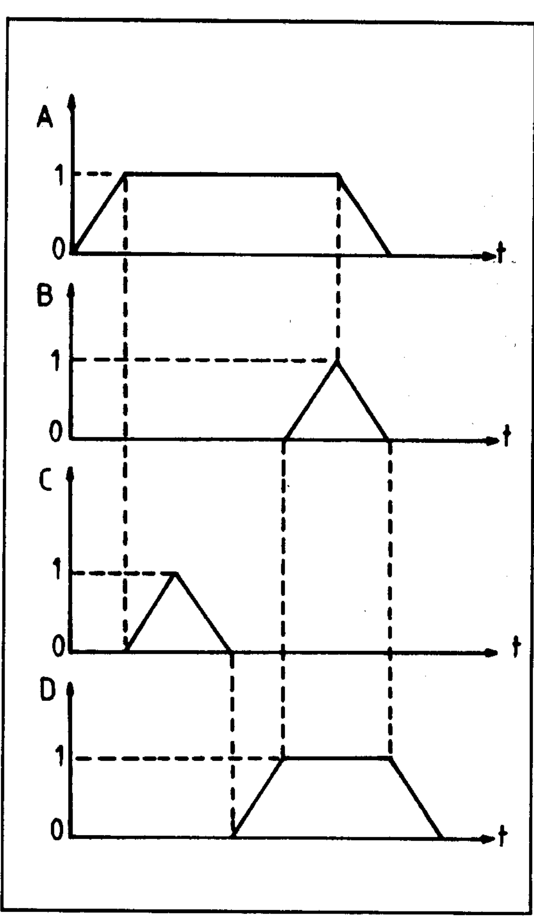
- تقـدم الأسطوانة B المثبتة مع الأسـطوانـة A لدفع العـملة المسكوكة في السلة .

- تراجع الأسطوانتين B, A معاً .

- تراجع الأسطوانة D .

علماً بأن سلة العـمـلات المعدنية المسكوكة تحتوي على مـجس تقـاربي ذي ضـغط عكسي يقـوم بإيقـاف الوحـدة عند امتلاء السلة .

طريقـة اسـتنتـاج الدائرة الهوائية باستخدام .

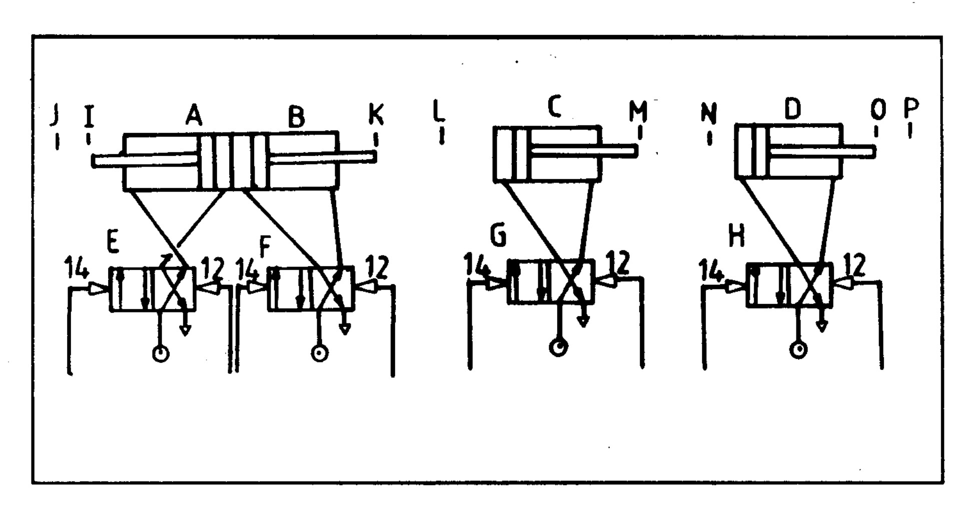


الشكل ٤ - ٢٩

الموديولات المنطقية :

تختـار عـدد مـوديولات الذاكـرة تسـاوي عـدد المراحل أي 7 مـوديولات ، بالإضافة إلى موديول بداية وموديول نهاية ، ويضاف إلى ذلك موديول بوابة (و) لأن المرحلة السادسة تتكون من حركتين هما : -A ,-B . وعـادة توضع هذه البوابة بعد موديول الذاكرة الخاص بهذه المرحلة .

في البداية نرسم الأسطوانات وصمامات التحكم كما بالشكل ٤-٣٠ .



الشكل ٤ – ٣٠

ثم بعد ذلك نستنتج جدول التخصيص من مخطط الأسطوانات وصمامات التحكم كما يلي :

رقم الموديول	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
نوع الموديول	بداية	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	ذاكرة	نهاية
مدخل الموديول	المصدر	وسيلة البدء	J	N	M	P	L	K	I	O
مخرج الموديول	—	E/14	G/14	G/12	H/14	F/14	F/12 E/12	—	H/12	وسيلة البدء
الحركة المستنتجة	—	A+	C+	C-	D+	B+	B- A-	—	D-	—

حيث إن:

ـ مدخل موديول البداية هو مصدر الضغط .

ـ مدخل باقي الموديولات هو صمام نهاية المشوار الخاص بنهاية الحركة

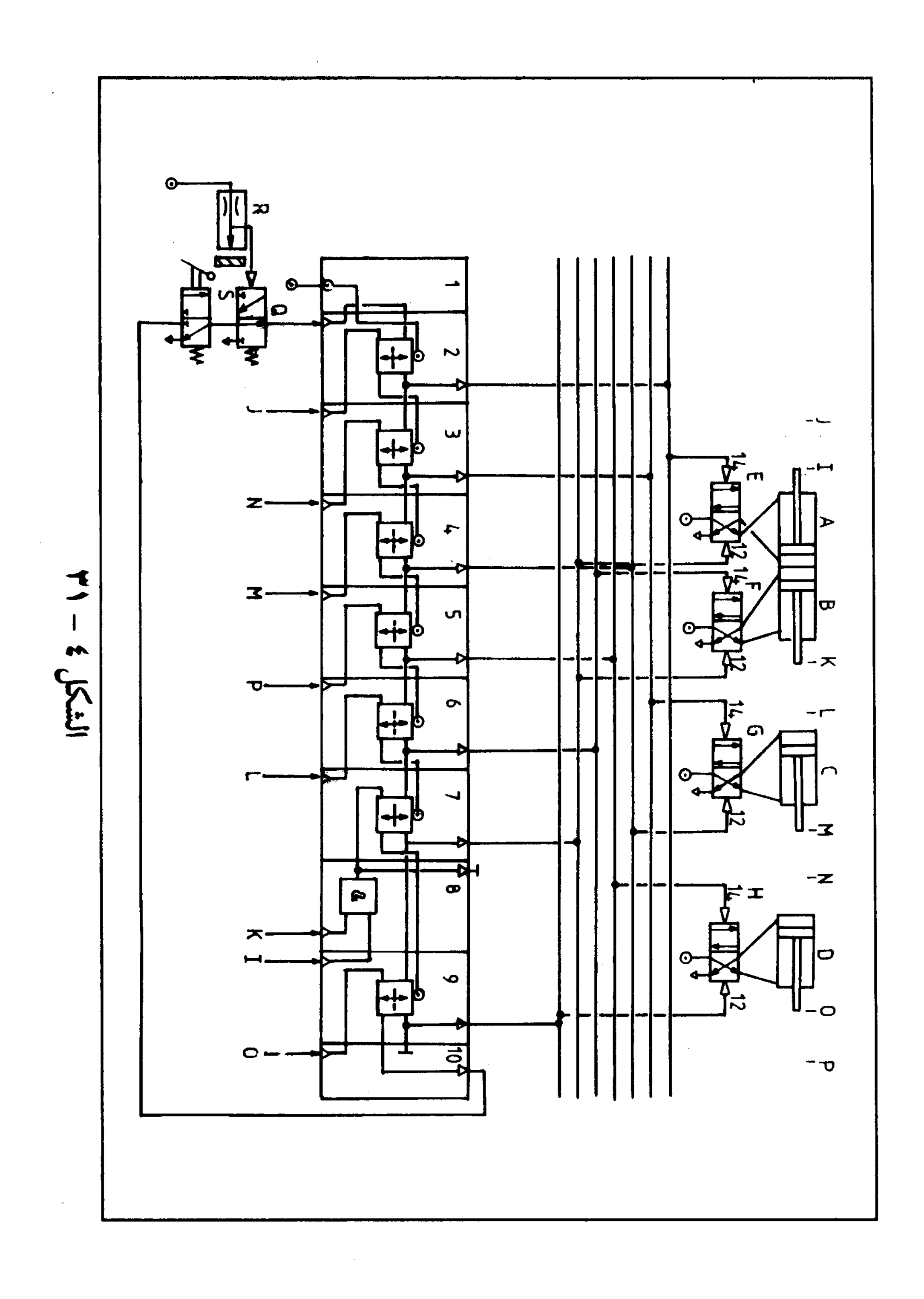
السابقة عدا موديول الذاكرة الأول فيوصل بوسيلة بدء التشغيل اليدوية .

- مخرج موديول البداية غير موجود .
- مخرج موديول النهاية هي وسيلة بدء التشغيل اليدوية .
- مخرج موديول بوابة و غير مستخدم .
- مخرج موديول الذاكرة هو مدخل التحكم للصمام الخاص بالحركة المطلوبة .

وفي الشكل ٤-٣١ الدائرة الهوائية للتحكم في وحدة سك العملات المعدنية مستخدماً الموديولات المنطقية .

ملاحظات :

- المجس التقاربي ذو الضغط الخلفي R يقوم بإيقاف الوحدة عند امتلاء السلة بالعملات المعدنية ، لذلك استخدم الصمام الاتجاهي 3/2 بإشارة ضغط Q لتحقيق ذلك مع المجس R .
- الصمام S هو صمام 3/2 بذراع تشغيل للتحكم في تشغيل وإيقاف الوحدة .



الشكل ٤ - ٣١

الباب الخامس
الصيانة الوقائية واكتشاف الأعطال

٥-١ الصيانة الوقائية :

عادة لا ننتظر حدوث المشاكل في الأنظمة النيوماتيكية للبدء في عمل الإصلاحات والصيانات اللازمة ، ولكن هناك برنامج صيانة وقائي يقوم على تنفيذه فريق الصيانة لأي مصنع أو معدة نيوماتيكية . وتقوم الصيانة الوقائية بالتقليل من أوقات التوقف الجبري وكذلك تمنع حدوث التسربات الهوائية والتي تضيع الكثير من الأموال هباء . وعادة يفضل تخصيص بعض الأشخاص المدربين على صيانة الأجهزة النيوماتيكية لهذا الغرض ويجب تحميل هؤلاء الأشخاص بمسئولية الصيانة وإلا سيؤدي ذلك إلى انهيار النظام بأكمله .

وهناك قائمة اختبارات زمنية متبعة لعمل الصيانة الوقائية ويستعان عادة بتعليمات الشركات المصنعة لإجراء الصيانة اللازمة .

ويمكن تقسيم الأعمال المتبعة في الصيانة الدورية إلى :

أ ـ الصيانة اليومية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ ـ تصريف المتكاثف من المرشحات وفواصل الماء .

٢ ـ اختبار مستوى الزيت في المزيتة فيجب أن يكون مستوى الزيت بين المستوى الأدنى والمستوى الأعلى مع استخدام نفس الزيت عند إعادة الملء .

٣ ـ تزييت نقاط التزييت في الأجهزة المستخدمة مستخدماً نفس الزيت

المنصوص عليه في تعليمات الشركة المصنعة .

٤ ـ أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

ب ـ الصيانة الأسبوعية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ ـ نظافة وفحص عناصر تشغيل الصمامات مثل البكرات وأذرع التشغيل .. إلخ واستبدال التالف منها .

٢ ـ فحص جميع الخطوط الهوائية واستبدال التالف منها .

٣ ـ فحص جميع الأدوات المستخدمة في الخطوط الهوائية وإحكام رباط الأدوات المفكوكة .

٤ ـ اختبار أجهزة قياس الضغط الموجودة في وحدة الخدمة .

٥ ـ اختبار وظيفة المزيتات بالتأكد من سقوط 5 نقاط زيت في الدقيقة مع ضبط هذه القيمة بمسمار الضبط .

٦ ـ أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

جـ ـ الصيانة الشهرية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ ـ فحص التسربات في جميع اللواكير ذات المسامير ، وإصلاح واستبدال التالف منها .

٢ ـ فحص التسربات في الصمامات الاتجاهية خصوصاً في الوضع الابتدائي.

٣ ـ تنظيف المرشحات وغسل قلب هذه المرشحات بالكيروسين ونفخه بالهواء المضغوط في عكس اتجاه تدفق الهواء فيه .

٤ ـ فحص وصلات الأسطوانات مع إحكام رباطها وتغيير وسائل منع

التسريب إذا لزم الأمر .

٥ ـ فحص الصمامات ذات العوامة (صمامات التصريف الأوتوماتيكية) Automatic Drains للوصول للأداء الطبيعي بدون تسريب للهواء المضغوط .

٦ ـ أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

د ـ الصيانة النصف سنوية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ ـ فحص مكابس الأسطوانات ووسائل منع التسريب لها مع تغيير التالف عند الضرورة .

٢ ـ فحص كواتم الصوت واستبدال التالف منها (المكتوم تماماً) .

٣ ـ أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

٥-١-١ صيانة ضواغط الهواء ومرفقاتها :

يجب عمل صيانة لضواغط الهواء الخاصة بالنظام النيوماتيكي تبعاً للأعمال المنصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة ، حيث تتغير هذه الأعمال من شركة لأخرى ، ومن ضاغط لآخر . وفي الجدول ٥-١ نقاط الصيانة في الضواغط الترددية .

الجدول ٥ – ١

العنصر	الفترة الزمنية	الصيانة المتبعة
ـ مرشح هواء المدخل ـ نظام التبريد	ـ كل أسبوعين ـ باستمرار ـ عند الضرورة	ـ التنظيف . ـ قياس درجة حرارة الماء الداخل والخارج . ـ نظافة مداخل الماء في أنظمة التبريد بالماء .

تابع الجدول ٥ – ١

الفترة الزمنية	الفترة الزمنية	الصيانة المتبعة
– الزيت	– على فترات محددة من قبل الشركة المصنعة أو بالخبرة	– فحص مستوى الزيت . – تغييرالزيت .
– كراسى المحور	– على فترات محددة من قبل الشركة المصنعة أو بالخبرة	– فحص التآكل والضبط والاستبدال عند الضرورة
– صمام التصريف	– شهرياً	– فحص صمام تصريف المبرد البيني .
– صمامات الأمان	– على فترات محددة من قبل الشركة المصنعة أو بالخبرة	– الفحص والنظافة .
– شنابر المكابس	– سنوياً	– الفحص والاستبدال إن لزم الأمر .

وفي الجدول ٥ ـ ٢ فترات تغيير الزيت للأنواع المختلفة للضواغط الترددية :

الجدول ٥ – ٢

نوع الضاغط	ظروف التشغيل	فترات التغيير
ثابت	التشغيل لأول مرة	بعد مائة ساعة .
	بيئة نظيفة	ست شهور أو ألفى ساعة تشغيل
	بيئة قذرة	ثلاث شهور أو ألف ساعة تشغيل .
محمول	التشغيل لأول مرة	بعد خمسين ساعة .
	بيئة متوسطة النظافة	شهر واحد أو خمسمائة ساعة .
	بيئة قذرة	أسبوعان أو 250 ساعة .
	بيئة قذرة جداً	أسبوع واحد أو 100 ساعة .

وفى الجدول ٥ ـ ٣ نقاط الصيانه للضواغط الدوراة .

الجدول ٥ ـ ٣

العنصر	الفترة الزمنية	الصيانة المتبعة
ـ المحرك الكهربى	ـ عند الضرورة .	ـ تنظيف وفحص تآكل كراسى المحور والخلوصات .
ـ الوصلة الميكانيكية	ـ عند الضرورة .	ـ تنظيف وفحص الوصلة والاستبدال إذا لزم الأمر .
ـ الغلاف الخارجى	ـ عند الضرورة .	فكه وفحص الصدأ والتآكل .

تابع الجدول ٥ ـ ٣

العنصر	الفترة الزمنية	الصيانة المتبعة
ـ موانع تسريب العمود	ـ عند الضرورة .	ـ فحص سلامة موانع التسريب بمراقبة التسريب .
ـ الحاكم	ـ عند الضرورة .	ـ التنظيف وفحص التآكل والضبط وتغيير الأجزاء المتآكلة .
ـ أجهزة القياس	ـ عند الضرورة .	ـ اختبار هذه الأجهزة والتأكد من صحة قراءتها والتغيير عند الضرورة

٥ ـ ١ ـ ٢ صيانة وحدات الخدمة وصمامات التصريف والخطوط الهوائية .

هناك فترات زمنية مجدولة لفحص صمامات التصريف ومصايد الرطوبة وفواصل الماء يتم تحديدها بناء على توصيات الشركات المصنعة . ويجب أن تأخذ مرشحات وفواصل الماء فى وحدات الخدمة رعاية خاصة ، حيث إن مستوى الماء يكون مرئيا داخل زجاجة المرشح ويجب عمل نظافة دورية للمرشحات وفواصل الماء بغض النظر عن نوعية التصريف يدوية كانت أو أوتوماتيكية .

وتعتمد هذه الفترة الزمنية على قذارة النظام فهناك بعض المرشحات يمكن تنظيف حشوها بسهولة بواسطة الهواء المضغوط ، وهناك أنواع أخرى تحتاج لطرق خاصة تعرف من توصيات الشركات المصنعة .

ويجب تغيير حشو المرشح الذى يتلف عند التنظيف بآخر جديد . وتعتبر المرشحات المسدودة هى العامل الرئيسى لانخفاض الضغط عند الماكينات ، وأيضاً فإن تسريب الهواء عند الوصلات المرنة هو السبب الآخر لانخفاض الضغط ويؤدى انخفاض الضغط إلى تغير أداء الآلة . وعند حدوث تسريب فى النظام يجب اختبار أدوات التوصيل وتشديد رباطها ، وبعد ذلك تختبر الخطوط المرنة (الخراطيم) ويجب ألا يزيد انخفاض الضغط عن خزان الضغط عند وحدة الخدمة للآلة عن (0.35 bar % 0.2) ، وفى بعض التركيبات ينصح بألا تزيد عن 10% ضغط من ضواغط التشغيل .

كما أن الانخفاض الشديد فى الضغط يؤدى ليس فقط لتغيير أداء الآلة ، بل أيضاً يؤدى لفقد كثير من الأموال إذا كان نتيجة للتسريب .

ويحدث عادة التسريب عند صمامات التصريف حيث تفتح هذه الصمامات نتيجة لتجمع بعض القاذورات بداخلها .

ويجب أيضاً أن تأخذ المزيتات رعاية خاصة بصفة دورية لضمان استمرارية تزييت الهواء ، ويجب اختبار معدل حقن الزيت فى الهواء المضغوط (يجب أن تكون خمس نقاط فى الدقيقة) والتأكد من أن مستوى الزيت أعلى من المستوى الأدنى وأقل من المستوى الأعلى فى إناء المزيتة ، وعادة تستخدم زيوت خفيفة فى المزيتات لها لزوجة تترواح ما بين 9: 11 mm^2 /s (cst) (سنتى ستوك) وذلك عند درجة حرارة 40 درجة مئوية .

وفيما يلى بعض هذه الزيوت :

1- Festo special oil .

2 - Avid Avilub Rsl 10 .

3 - Esso Spinesso 10 .

4 - Shell Tellus OL c10 .

5 - Mobil DTE 21 .

6 - Blaser Blasol 154 .

أما الخطوط الهوائية فهناك بعض الظواهر التى تدل على مشكلة ما فيها مثل :

١ ـ ارتخاء المواسير الهوائية بفعل الثقل لحاجتها لتثبيت مناسب باستخدام قفيزين للتثبيت . والجدول ٥ ـ ٤ يبين المسافة القصوى بين كل قفيزين متتاليين عند التمديد الرأسى والتمديد الأفقى لمواسير الصلب .

الجدول ٥ ـ ٤

أقصى مسافة بينية عند التمديد الأفقى m .	أقصى مسافة بينية عند التمديد الرأسى m	القطر الداخلى للماسورة mm
1.0	1.25	8
1.0	1.25	10
1.25	1.75	15
1.75	2.50	20
1.75	2.70	25
2.50	3.00	32
2.50	3.00	40
2.75	3.00	50
3.00	3.50	65
3.00	3.50	100
3.50	4.25	150
4.25	4.50	200
4.87	5.48	300
4.87	5.48	أكبر من 300

٢ ـ ارتجاج عند انحناءات المواسير نتيجة لعدم التثبيت الجيد ، وينتج هذا الارتجاج من قفزات الضغط أثناء تشغيل الصمامات الاتجاهية .

٣ ـ تشويه المواسير نتيجة لحركة التمدد والانكماش والتى يجب معادلتها بواسطة وصلات التمدد .

ويجب عمل اختبار تسرب الهواء المضغوط مرة على الأقل كل سنة ويتم اختيار التسرب على النحو التالى :

أ ـ أدر الضاغط يدوياً مع فصل جميع الأحمال وصولاً لضغط التشغيل (p1) حينئذ افصل الضاغط .

ب ـ انتظر حتى ينخفض الضغط نتيجة للتسربات إلى p2 وسجل الزمن المنقضى وليكن (tsec) .

ج ـ أعد تشغيل الضاغط وصولاً لضغط P1 ثم سجل الزمن المنقضى وليكن (Tsec) حينئذ افصل الضاغط .

د ـ كرر عملية تشغيل الضاغط وإيقافه أربع مرات على الأقل ، ثم احسب متوسط زمن إيقاف الضاغط t ، وكذلك متوسط زمن تشغيل الضاغط T .

هـ ـ استخدم العلاقة التالية : لتعيين النسبة المئوية للتسرب .

$$VL\,\% = \frac{T}{T + t} \times 100$$

ويفضل أن يكون هذا الاختبار فى الليل ، فإذا كان التسرب أكبر من 10% فإنه يجب البحث عن مكان التسرب ومعالجته ، بأسرع ما يمكن ،ويتم ذلك بدهان جميع اللواكير والوصلات المختلفة بماء الصابون .

٥ ـ ١ ـ ٣ صيانة الأسطوانات الهوائية وصمامات التحكم :

ينصح باستخدام وحدة خدمة لكل معدة نيوماتيكية لأن الهواء الجاف والنظيف يحافظ على العناصر الهوائية بدون تلف لفترة طويلة ، ويقلل من أعمال الصيانة اللازمة وعادة ينصح بتوفير قطع غيار للأجزاء القابلة للتآكل والتى يمكن معرفتها من رسومات قطع الغيار الخاصة بالعناصر الهوائية (أسطوانات هوائية وصمامات تحكم) وذلك من كتالوجات الشركات المصنعة حيث يرفق مع هذه الرسومات جداول بالأجزاء المكونة لهذه العناصر موضحاً فيها الأجزاء القابلة للتآكل .

وهناك عامل هام لتلف الأسطوانات الهوائية وهو طريقة التثبيت الغير صحيحة والذى يؤدى إلى حدوث قوى عرضية تؤدى للتآكل السريع للأجزاء الداخلية للأسطوانات مما يؤدى لتغيير الأسطوانة كلياً .

لذلك يجب التأكد من استقامة محور الأسطوانة مع محور الحمل . ويجب من حين لآخر فحص اللواكير المستخدمة عند مداخل الهواء المضغوط فى الأسطوانات ، حيث يحدث أحياناً تسرب هواء عند هذه النقاط مما يؤدى لحدوث خلل فى أداء الأسطوانة بالإضافة إلى أنه يؤدى إلى إضاعة الأموال .

ومن أهم أسباب تلف الصمامات وصول أتربة بداخلها مما يؤدى لحدوث تسربات داخلية داخل الصمامات نتيجة لإعاقة حركة العنصر المنزلق فى الصمامات المنزلقة أو انحشار العنصر القفاز فى الصمامات القفازة .

وعندملاحظة خروج هواء باستمرار من أحد مخارج العادم لأحد الصمامات يجب تحديد سبب هذا التسريب أهو من الصمام نفسه أو من الأسطوانة ويتم ذلك بالطريقة التالية : يفصل خط العادم الواصل بين الأسطوانة والصمام من

جهة الصمام ، فإذا استمر تسرب الهواء من فتحة العادم للصمام دل على أن وسائل منع التسريب للصمام تالفة ، أو يوجد قاذورات داخل الصمام . أما إذا انقطع تسرب الهواء من فتحة العادم للصمام دل على أن وسائل منع التسريب لمكبس الأسطوانة تالفة وتحتاج لتغيير .

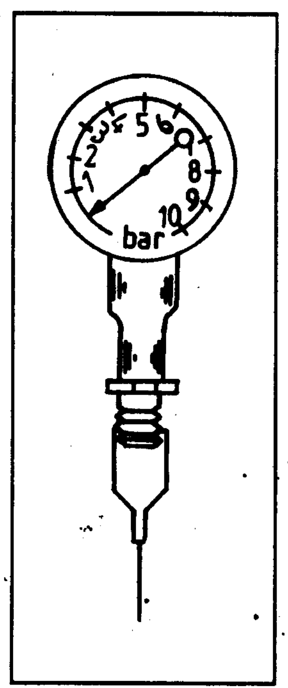
٥ ـ ٢ اكتشاف الأعطال :

إن اكتشاف الأعطال فى الأنظمة النيوماتيكية الصغيرة يمكن بسهولة اكتشافه بفحص كل عنصر على حدة ، أما فى الأنظمة الكبيرة فإن هذه الطريقة تصبح مستحيلة ، ويعتمد اكتشاف الأعطال فى هذه الحالة على الدراسة والخبرة . وأول مبادئ اكتشاف الأعطال هو المعرفة الجيدة لاستخدام أجهزة القياس مثل :

١ ـ جهاز قياس الضغط ذى الإبرة ، وهو جهاز قياس ضغط مزود بإبرة ، ويمكن استخدامه لمعرفة الضغط فى الخراطيم الهوائية مباشرة وذلك بغرزه داخل الخرطوم ،علماً بأن ذلك لايسبب حدوث تسرب فى الضغط بعد رفعه من مكان القياس . والشكل ٥ ـ ١ يعرض مخططاً مبسطاً لجهاز قياس الضغط ذى الإبرة .

٢ ـ مجموعة قياس ضغط الهواء المضغوط ، وهى متاحة فى الأسواق ويمكن بناؤها بواسطة استخدام عداد ضغط ووصلة T ذات وصلات سريعة .

وحتى يمكن اكتشاف الأعطال فى الدائرة الهوائية يجب أولاً فهم الدائرة الهوائية جيداً ، وهذا يعنى أنه إذا لم يكن لديك معرفة بالدوائر الهوائية للمعدة فى الأحوال المعتادة ، فإنه من الصعب عليك تحديد مكان العطل بسهولة وإصلاحه .



الشكل ٥ ـ ١

ثم بعد ذلك يجب تقليل خطوات البحث وذلك بعمل بعض الاختبارات المبدئية التالية :

١ ـ التأكد من وجود ضغط كافٍ عند مخرج وحدة الخدمة .

٢ ـ التأكد من أن جميع صمامات نهايات المشوار فى وضعها الصحيح .

٣ ـ التأكد من عدم وجود تسريب فى أى وصلة مرنة وكذلك عند مخارج التصريف للصمامات الاتجاهية .

٤ ـ التأكد من سلامة تثبيت الأسطوانات الهوائية.

فإذا لم نحصل على نتائج إيجابية من الاختبارات المبدئية يجب البحث عن الأعطال فى كلٍّ من :

١ ـ عناصر الفعل (الأسطوانات والمحركات الهوائية) .

٢ ـ صمامات التحكم الاتجاهية .

٣ ـ صمامات الإشارة والمؤقتات الزمنية والعدادات والموديولات المنطقية .

وسوف نشرح هنا طريقة اكتشاف الأعطال فى تمرين وحدة سك العملات المعدنية فى الفقرة ٤ ـ ١١ ، والدائرة الهوائية موضحة بالشكل ٥ ـ ٢ حيث إن تتابع التشغيل كالآتى :

A+, C+, C-, D+, B+, B-, D-, A-

ولنفرض أن الأسطوانة B لاتتقدم للأمام ، وبدراسة الدائرة الهوائية نجد أن الحركة الأمامية للأسطوانة B تحدث فى المرحلة الخامسة عند وصول إشارة ضغط من صمام نهاية المشوار P ، لذلك يجب التأكد من :

١ ـ وصول إشارة ضغط من صمام نهاية المشوار P لمدخل الموديول المنطقى 6 .

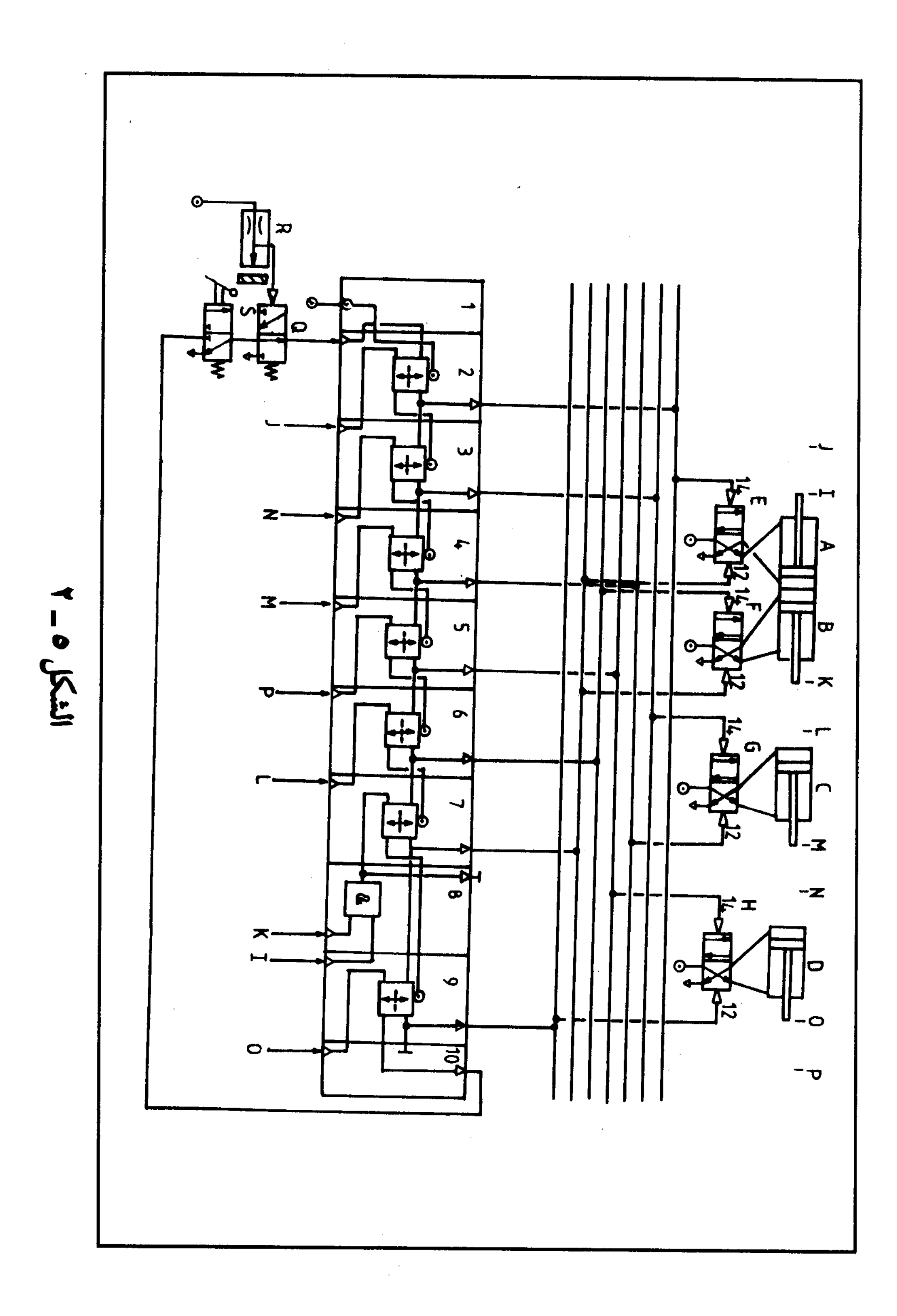
٢ ـ خروج إشارة ضغط من الموديول المنطقى 6 .

٣ ـ وصول إشارة ضغط للمدخل 14 للصمام F .

٤ ـ خروج ضغط من الفتحة 4 للصمام F .

٥ ـ وصول ضغط لفتحة غرفة مكبس الأسطوانة B .

فإذا كانت نتائج هذه الاختبارات سلبية هذا يعنى وجود مشكلة فى الأسطوانة مثل الأسطوانة ملتصقة أو محشورة فى صمام نهاية مشوار العودة 12 ، أو يوجد تسريب شديد نتيجة لتلف وسائل منع تسريب الأسطوانة .



الشكل ٥-٢

٥ ـ ٢ ـ ١ مشاكل الأسطوانات الهوائية وطرق إصلاحها :

الجدول ٥ ـ ٥ يعرض المشاكل المختلفة للأسطوانات الهوائية وطرق علاجها.

الجدول ٥ ـ ٥

المشكلة	السبب	طريقة الإصلاح
فقدان قوة الدفع	١ ـ تلف وسائل منع تسريب المكبس.	١ ـ غير وسائل منع التسريب .
	٢ ـ صدأ فى القلب الداخلى .	٢ ـ صنفر القلب الداخلى للأسطوانة .
	٣ ـ قاذورات ملتصقة بوسائل منع الترسيب .	٣ ـ استبدل وسائل منع التسريب مع تنظيف الأسطوانة .
	٤ ـ احتكاك زائد .	٤ ، ٥ ـ افحص بعناية محاور عمود دفع الأسطوانة وركائز التثبيت .
	٥ ـ ضغط منخفض .	اختبر ضغط الهواء عند مدخل الأسطوانة .
تسريب قبل العمود	٦ ـ وسائل منع التسريب للعمود تالفة .	٦ ـ استبدل وسائل منع التسريب للعمود ، وإذا كانت على هيئة (مجموعات حلقات ٧) موضوعة داخل جلاند قابل للضبط فى هذه الحالة يشدد على صامولة رباط الجلاند.
فقدان الخمد	٧ ـ انسداد صمام الخمد.	٧ ـ إخراج الصمام وتنظيفه .
	٨ ـ تلف وسائل إحكام الخمد.	٨ ـ استبدل وسائل إحكام الخمد.

٥ ـ ٢ ـ ٢ مشاكل الخطوط الهوائية وطرق علاجها

الجدول ٥ – ٦ يعرض المشاكل المختلفة للخطوط الهوائية وطرق علاجها .

الجدول ٥ – ٦

نوع الخط الهوائى	المشكلة	الإجراء المتبع
خطوط صلبة	اهتزاز المواسير	ـ استخدام وسائل التثبيت المناسبة لمنع الاهتزاز .
	تسريب	ـ تشديد رباط الأدوات المفكوكة واستبدال الأدوات التالفة .
	ماء بالخطوط	فحص صمامات تصريف الماء الموجودة على الخط . ـ التأكد من وجود ميل فى خطوط الهواء الرئيسة (1:2%) عن المستوى الأفقى عند الخزان فى اتجاه سريان الهواء . ـ التأكد من تصريف الماء المتكاثف فى الخزان بواسطة محبس تصريف ماء الخزان ـ التأكد من أن مآخذ الهواء المضغوط للأحمال يتم من خلال كوع نصف قطره خمس مرآت من قطر المواسير بالطريقة الموضحة بالشكل ١ ـ ٦ .
خطوط مرنة	ـ تسريب	ـ فحص التآكل عند الوصلات . ـ استخدام خراطيم ذات أغلفة قوية فى ظروف التشغيل الصعبة . ـ استبدال الخراطيم التالفة .
	ـ انخفاض كبير فى الضغط	ـ فحص السطح الداخلى للخراطيم . ـ التأكد من أن حجم الخراطيم مناسب ـ التأكد من عدم وجود تسريب.

٥-٢-٣ المشاكل والأسباب المحتملة في الضواغط الترددية .

الجداول (٥-٧)، (٥-٨) ، (٥-٩) تعرض المشاكل المحتملة في الضواغط الترددية وأسبابها المحتملة .

الجدول (٥-٧)

المشكلة / الأسباب	ضوضاء عالية وخبط وطقطقة	درجة حرارة الهواء الخارج من أكبر من المعتاد	رواسب كربونية غير طبيعية	دورة التشغيل طويلة	تآكل المكابس والشنابر والأسطوانات	تآكل عمود المكبس أو موانع التسريب	ارتفاع درجة حرارة المحرك
متطلبات النظام أكبر من الطبيعي				●			
ضغط الهواء الخارج أكبر من الطبيعي	●	●	●				●
صمام عدم التحميل عند البدء يحتاج لضبط		●					●
خط المدخل حجمه أصغر من اللازم		●					●
مرشح المدخل مسدود		●		●			●
الصمامات متآكلة أو مكسورة	●	●	●	●			●
التسريب في النظام زائد				●			
انزلاق سيور الضاغط	●						
السرعة عالية جداً		●	●				●
البكرات والحدافة مفكوكة	●						
فك مسامير ركائز التثبيت	●						
كراسي المحور تحتاج لضبط أو تغيير	●						
مستوى الزيت أعلى من اللازم	●	●	●				

تابع الجدول ٥ ـ ٧

المشكلة / الأسباب	ضوضاء عالية وخبط وطقطقة	درجة حرارة الهواء الخارج أكبر من المعتاد	رواسب كربونية غير طبيعية	دورة التشغيل طويلة	تآكل المكابس والشنابر والأسطوانات	تآكل عمود المكبس أو موانع التسريب	ارتفاع درجة حرارة المحرك
التزييت غير كافٍ	●	●			●	●	●
لزوجة الزيت غير صحيحة	●		●		●	●	●
اهتزاز المبرد البيني	●						
درجة الحرارة المحيطة عالية		●	●				●
التبريد غير كافٍ		●	●				●
انسداد مسار تدفق الهواء للمروحة		●	●				
اتجاه الدوران خطأ		●	●				
مستوى الزيت منخفض					●		
صمامات الضغط تالفة		●					
قمصان التبريد للأسطوانات قذرة		●	●				
وقت التوقف غير كافٍ		●	●				
ماء التبريد غير كافٍ		●					
السيور مشدودة أكثر من اللازم							●
درجة حرارة الماء الداخل عالية		●	●				
مرشح الزيت مسدود			●		●	●	
المحرك صغير أو الجهد منخفض							●
عدد مرات البدء كبيرة							●
خط الضغط مخنوق		●					●

الجدول (٥-٨)

الأسباب \ المشكلة	خروج الضاغط أقل من الطبيعي	ضغط الخروج أقل من الطبيعي	ضغط الخزان أقل من الطبيعي	يوجد تنفيس في صمام الأمان للخزان	ارتفاع درجة حرارة أجزاء الضاغط	ماء التبريد الخارج حرارته مرتفعة	تآكل صمامات الضاغط
متطلبات النظام أكبر من الطبيعي	●	●					
ضغط الهواء الخارج أكبر من الطبيعي	●			●	●	●	
التسريب زائد في النظام	●	●					
خنق خط الدخول للضاغط أو صغر الحجم	●	●			●		
انسداد مرشح السحب	●	●			●		
الصمامات متآكلة أو مكسورة	●	●			●		
صمام عدم التحميل عند البدء يحتاج لضبط	●	●	●	●	●		
يوجد تسريب عند صمام الأمان	●	●					
انزلاق سيور الضاغط	●	●					
السرعة أقل من الطبيعي	●	●					
عداد الضغط تالف		●	●				
صمام الأمان تالف				●			
تسريب عند الجوان	●	●			●		
كمية ماء التبريد غير كافية	●				●	●	
درجة حرارة الماء الداخل عالية	●				●	●	
قمصان التبريد أو المبرد البيني قذرة					●	●	
ضغط المبرد البيني عالٍ						●	

تابع الجدول ٥ – ٨

المشكلة / الأسباب	خروج الضاغط أقل من الطبيعي	ضغط الخروج أقل من الطبيعي	ضغط الخزان أقل من الطبيعي	يوجد تنفس فى صمام الأمان للخزان	ارتفاع درجة حرارة أجزاء الضاغط	ماء التبريد الخارج حرارته مرتفعة	تآكل صمامات الضاغط
السرعة عالية جداً					●	●	
كراسى المحور تحتاج لضبط أو تغيير					●		
التزييت غير مناسب					●		●
لزوجة الزيت غير كافية					●		●
درجة الحرارة المحيطة عالية					●		
التهوية غير كافية					●		
انسداد مدخل الهواء للمراوح					●		
اتجاه الدوران خاطئ					●		
مستوى الزيت منخفض					●		
فترة الراحة غير كافية					●		
السيور مشدودة أكثر من اللازم					●		
مرشح الدخول تالف							●
مستوى الزيت عالٍ جداً					●		

الجدول (٥-٩)

الأسباب / المشكلة	اهتزاز زائد للضاغط	خروج زيت مع الهواء المضغوط بدرجة كبيرة	تجمع الماء في غرفة عمود المرفق	انخفاض ضغط زيت عمود المرفق	مرات البدء كثيرة	الضاغط يفشل في البدء بدون حمل	الضاغط يفشل عند البدء
يوجد اختناق في خط السحب أو حجم صغير عن اللازم أو طويل عن اللازم		●					
مرشح السحب مسدود		●					
صمام البدء بدون حمل تالف	●				●	●	●
صمام البدء بدون حمل يحتاج لضبط					●		●
ضغط الخروج أكبرمن المعدل الطبيعي	●						
عداد الضغط تالف				●			
المبرد البيني يصرف أكثر من اللازم			●				
السرعة عالية جداً	●						●
البكرة والحدافة مفكوكة	●						
مسامير ركائز التثبيت مفكوكة	●						
خطوط الهواء تحتاج لتثبيت	●						
مستوى الزيت أعلى من اللازم		●					
لزوجة الزيت غير صحيحة		●		●			
اتجاه الدوران خاطئ							●
مستوى الزيت أقل من اللازم				●			
السيور مشدودة أكثر من اللازم							●

تابع : الجدول ٥ ـ ٩

المشكلة / الأسباب	اهتزاز زائد للضاغط	خروج زيت مع الهواء المضغوط بدرجة كبيرة	تجمع الماء في غرفة عمود المرفق	انخفاض ضغط زيت عمود المرفق	مرات البدء كثيرة	الضاغط يفشل في البدء بدون حمل	الضاغط يفشل عند البدء
نوعية الزيت غير صحيحة		●					
ضغط زيت عمود المرفق عالٍ عن الطبيعي		●					
فترة الدوران بدون حمل طويلة		●					
صمام الأمان تالف				●			
تسرب في خطوط الزيت				●			
انسداد مصفاة الزيت				●			
الخزان صغير عن اللازم					●		
صمام البدء بدون حمل به قاذورات						●	
المحرك الكهربي صغير							●
الجهد الكهربي منخفض عن المطلوب							●
متمم زيادة الحمل للمحرك فاصل							●
المصهرات الكهربية محترقة							●
التوصيل الكهربي غير صحيح							●
متمم انخفاض ضغط الزيت فاصل							●
كراسي المحور تحتاج لضبط أو تغيير				●			

الباب السادس

الحسابات النيوماتيكية

٦-١ اختيار الضاغط

عادة يواجه القائم على اختيار الضاغط المناسب بعض التساؤلات والتي يمكن تلخيصها فيما يلي :

١ ـ ما سعة الضاغط الفعلية المطلوبة بوحدة L/S آخذاً التوسعات المستقبلية في الاعتبار ؟

٢ ـ ما الضغط اللازم للحفاظ على ضغط التشغيل المطلوب عند المستخدمين ؟

٣ ـ ما الغرض الذي سيستخدم فيه الهواء المضغوط ؟

٤ ـ ما عدد ساعات تشغيل الضاغط في اليوم / الأسبوع ؟

٥ ـ ما نوع نظام التحكم المطلوب ؟

٦ ـ ما مقدار الحاجة لخزان الهواء ؟

٧ ـ ما الأجهزة المصاحبة المطلوبة مع الضاغط (مبرد إعادة ـ مجفف ـ مرشح دخول ـ كواتم صوت ... إلخ) ؟

٨ ـ ما طبيعة الضاغط (ثابت أو متنقل) ؟

٩ ـ إذا كان الماء هو وسط التبريد المستخدم للضاغط ، فما هو مدى درجات حرارة الماء ، وما هو معدل تلوث ماء التبريد ؟

١٠ـ ما المواصفات الكاملة للمكان المقترح وضع الضاغط فيه ؟

١١ـ ما ضغط الهواء الجوي للوسط المحيط ؟

١٢ـ ما حدود درجات حرارة الوسط المحيط ؟

١٣ـ ما أقصى رطوبة نسبية متوقعة في الوسط المحيط ؟

١٤ـ ما ارتفاع مكان الضاغط المقترح عن سطح البحر ؟

وفيما يلي أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع الضواغط :

١ ـ أقصى ضغط Max Pressure

يجب أن يكون أقصى ضغط للضاغط أقل من الضغط الأقصى للعناصر النيوماتيكية ، وإن لم يتحقق ذلك فتستخدم بعض الاحتياطات الأمنية لمنع ارتفاع ضغط الضاغط عن الضغط الأقصى للعناصر النيوماتيكية مثل : استخدام مفتاح ضغط كهربى Pressure Switch للتحكم في تشغيل وإيقاف الضاغط .

٢ ـ إزاحة المكبس Piston Displacement

ويستخدم هذا المصطلح في الضواغط الترددية ، ويساوي حاصل ضرب حجم أسطوانة الضاغط × عدد الأشواط فى الثانية .

٣ ـ السعة الفعلية من الهواء الحر Actual Capacity (free air dellevery)

وتعني حجم الهواء الخارج من الضاغط في الثانية منسوباً لظروف الوسط المحيط ، مستخدماً القانون العام للغازات في ذلك .

٤ ـ الكفاءة الحجمية Volumetric Efficiency

وهي النسبة المئوية بين السعة الفعلية إلى إزاحة المكبس وتساوي .

$$\eta_V = \frac{\text{السعة الفعلية}}{\text{إزاحة المكبس}} \times 100$$

مثال ١ :

إذا كان معدل تدفق الهواء المضغوط لضاغط يساوى 9l/s عند درجة حرارة $70^\circ C$ وضغط قياس يساوى 7 bar .

المطلوب :

أ ـ السعة الفعلية للضاغط إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط $27^\circ C$، وضغطه المطلق 1bar .

ب ـ السعة الفعلية للضاغط إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط $15^\circ C$ ، وضغطه المطلق 5.95 bar .

الإجابة :

يمكن تعيين السعة الفعلية للضاغط مستخدماً القانون العام للغازات .

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2}$$

وبالتالى فإن :

$$v_1 = \frac{P_2 v_2 T_1}{P_1 T_2}$$

الحالة أ : حيث إن الضغوط المستخدمة فى القانون العام للغازات ضغوط مطلقة ، ولذلك فإن درجات الحرارة المستخدمة مطلقة أيضاً لذلك فإن :

$P_2 = 7 + 1 = 8 bar$

$P_1 = 1 bar$

$T_2 = 27 + 273 = 300 K$

$T_1 = 15 + 273 = 288 K$

$V_2 = 9 L/S$

وبالتالى فإن :

$$V_1 = \frac{8X9X288}{1X300} = 69\ L/S$$

الحالة ب :

P1 = 0.95 bar
T1 = 288 k

P2 = 8 bar
T2 = 300 k

بالتالى فإن :

$$V_2 = 9\ L/S$$

$$V_1 = \frac{8X9X288}{0.95 \times 300} = 72.6\ L/S$$

وهذا يوضح مقدار تغير السعة الفعلية للضاغط بتغير ضغط الوسط المحيط .

٦ ـ ١ ـ ١ تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل لضاغط :

لتعيين السعة الفعلية لضاغط ؛ يجب حساب قيمة استهلاك الهواء للأحمال Air consumption آخذا المعاملات الآتية فى الاعتبار

١ ـ معامل الاستخدام Use factor (fu) .

٢ ـ معامل التوسعة المستقبلية Future expansion factor (fe) .

٣ ـ معامل تسريب الهواء Air leakage factor (fl) .

أما ضغط تشغيل الضاغط ؛ فيأخذ عادة مساوياً ضغط تشغيل الأحمال آخذا فى الاعتبار قيمة الفقد فى الضغط والناشىء عن نقل الهواء المضغوط من الضاغط للأحمال .

والمثال ٢ سوف يوضح طريقة تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل لضاغط يغذى مجموعة من الأحمال .

مثال ٢ :

الحسابات التالية خاصة بالأقسام المختلفة لمسبك ، علماً بأن معامل الاستخدام للمعدات المختلفة محسوب عند تصميم هذه المعدات .

المعدة أو الماكينة	استهلاك الهواء للوحدة L/S	العدد	الاستهلاك الأقصي للوحدات L/S	معامل الاستخدام	متوسط استهلاك الهواء L/S	ضغط التشغيل bar
المسبك						
منفاخ القوالب	11	3	33	0.5	16.5	5
منضدة دك القوالب	5	2	10	0.2	2	5
مسدس نفخ	8	8	64	0.1	6.4	5
ماكينة سباكه	12	5	60	0.3	1.8	5
رافعة 500 kg	33	3	99	0.1	9.9	5
مدك يدوى متوسط	6	1	6	0.2	1.2	5
مدك يدوي ثقيل	9	1	9	0.2	1.8	5
مطرقة رايش خفيفة	6	2	12	0.35	4.2	5
مطرقة رايش متوسطة	8	3	18	0.35	6.3	5
مطرقة رايش ثقيلة	13	2	26	0.2	5.2	5
ماكينة تجليخ 75 mm	9	2	18	0.3	5.4	5
ماكينة تجليخ 150 mm	25	3	75	0.45	33.75	5
ماكينة تجليخ 200 mm	40	1	40	0.2	8	5
ماكينة تجليخ متوسطة	23	2	46	0.1	4.6	5
ماكينة تجليخ ثقيلة	42	2	84	0.1	8.4	5
وحدة صقل بالرمل خفيفة	32	1	32	0.5	16	5
وحدة ثقل بالرمل ثقيلة	53	1	53	0.5	26.5	5

المعدة أو الماكينة	استهلاك الهواء للوحدة L/S	العدد	الاستهلاك الأقصي للوحدات L/S	معامل الاستخدام	متوسط استهلاك الهواء L/S	ضغط التشغيل bar
ورشة أعمال الصاج						
مثقاب خفيف	6	1	6	0.2	1.2	5
مثقاب متوسط	8	1	8	0.2	1.6	5
مثقاب 12 mm	15	2	30	0.3	9.0	5
آلة عمل قلاووظ	52	1	52	0.05	2.6	5
آلة عمل سلبيات	8	1	8	0.2	1.6	5
آلة إدارة مفكات	8	2	16	0.1	1.6	5
مفتاح ربط بالصدم 20 mm	15	1	15	0.2	3.0	5
مفتاح ربط بالصدم 22 mm	23	1	23	0.1	2.3	5
ماكينة تجليخ 150 mm	25	2	50	0.3	15.0	5
ماكينة تجليخ 200 mm	40	1	40	0.2	8.0	5
ماكينة تجليخ متوسطة	23	2	46	0.3	13.8	5
ماكينة تجليخ ثقيلة	42	1	42	0.2	8.4	5
دقاق برشمة متوسط	18	1	18	0.1	1.8	5
دقاق برشمة ثقيل	22	1	22	0.05	1.1	5
مطرقة رايش خفيفة	6	2	12	0.2	2.4	5
مطرقة رايش متوسطة	8	2	16	0.2	3.2	5
مطرقة رايش ثقيلة	13	1	13	0.1	1.3	5
ونش 6 أطنان	33	1	33	0.05	1.7	5
مسدس نفخ	8	2	16	0.1	1.6	5
ورشة التجميع						
مثقاب خفيف	6	3	18	0.2	3.6	5
مثقاب متوسط	8	5	40	0.3	12.0	5
مثقاب 12 mm	15	6	90	0.35	31.5	5
مثقاب ثقيل	22	1	22	0.1	2.2	5

ضغط التشغيل bar	متوسط استهلاك الهواء L/S	معامل الاستخدام	الاستهلاك الأقصي للوحدات L/S	العدد	استهلاك الهواء للوحدة L/S	المعدة أو الماكينة
5	3.3	0.1	33	1	33	مثقاب ثقيل جداً
5	1.6	0.1	16	2	8	ماكينة عمل سلبيات
5	3.2	0.2	16	2	8	وحدة إدارة مفكات
5	1.2	0.2	6	1	6	مفتاح ربط بالصدم خفيف
5	6.0	0.2	30	2	15	مفتاح ربط بالصدم 20 mm
5	2.3	0.1	23	1	23	مفتاح ربط بالصدم 22 mm
5	3.6	0.2	18	2	9	ماكينة تجليخ 75 mm
5	2.5	0.1	25	1	25	ماكينة تجليخ 150 mm
5	9.2	0.2	46	2	23	ماكينة تجليخ متوسطة
5	3.3	0.1	33	1	33	ونش هوائي 500 kg
5	3.3	0.1	33	1	33	ونش هوائي 1000 kg
5	2.0	0.02	40	5	8	مسدس نفخ
						ورشة دهان
5	1.6	0.2	8	1	8	ماكينة تجليخ وتلميع زاوية
5	6.9	0.3	23	1	23	ماكينة تجليخ وتلميع متوسطه
5	19.0	0.5	38	1	38	وحدةصقل بالرمل
5	0.8	0.1	8	1	8	مسدس نفخ
5	1.7	0.05	33	1	33	ونش 6 طن
5	5.0	0.5	10	2	5	مسدس دهان بالرش
365 L/S						متوسط الاستهلاك الكلي للمسبك

وبفرض أننا نود عمل توسعة لهذا المسبك في المستقبل لتصبح طاقته الإنتاجية مرة وربع من الحالية فإن معامل التوسعة سيكون Fe = 1.25 ، وبفرض

أن هذا المسبك يتم فحصه بصفة مستديمة ، وعمل صيانة لأي تسربات موجودة ، لذا يمكن اعتبار معامل التسريب FL = 1.05 ، وبالتالي يصبح الاستهلاك الكلي للمسبك مساوياً

$$\dot{V}t = \dot{V}a \times Fe \times FL$$

$$\dot{V}t = 365.0 \times 1.25 \times 1.05 \approx 479 \text{ L/S}$$

وبفرض أن النسبة بين الاستهلاك الكلي للأحمال إلى السعة الفعلية للضاغط تساوي 0.9 .

$$\frac{\dot{V}t}{\dot{V}c} = 0.9$$

لذلك ينتج أن

$$\dot{V}C = 479/0.9$$

$$\approx 560 \text{ L/S}$$

وحيث إن ضغط تشغيل جميع الماكينات والمعدات 5 bar عدا مسدس الدهان لذلك ينصح باختيار ضاغط ضغطه الأقصى أكبر من 5 bar وليكن 10 bar مع استخدام مفتاح ضغط للتحكم في ضغط خزان الضاغط يتم ضبطه عند قيمة عظمى مقدارها 8 bar ، وقيمة فرقية مقدارها 2 bar ، وبالتالي فإن الضاغط سيعمل على المحافظة على الضغط في الخزان في الحدود 6 : 8 bar .

وتستخدم وحدة خدمة بجوار كل ماكينة أو معدة ، بحيث يمكن من خلال هذه الوحدة ضبط الضغط عند القيمة المطلوبة ، وهو 5 bar أما بالنسبة لمسدس الدهان فيتم ضبط وحدة خدمته على ضغط 3 bar .

٦ - ١ - ٢ اختيار نوع التحكم فى خرج الضاغط

من المعروف أن السعة الفعلية للضاغط يجب أن تكون أكبر من معدل الاستهلاك الكلى للأحمال ، وحيث إن معدل استهلاك الأحمال للهواء المضغوط يتغير من لحظة لأخرى ، لذا كان من الضرورى عمل نظام تحكم يحافظ على ذلك .

وهناك عدة أنواع لأنظمة التحكم المستخدمة مثل :

١ ـ تحكم بالإيقاف والتشغيل Start / Stop control

يقوم هذا النظام بإيقاف الضاغط عند وصول الضغط فى خزان الهواء المضغوط للحد الأقصى المعاير عليه مفتاح الضغط ، ونتيجة لاستهلاك هذا الهواء المضغوط عند الأحمال ؛ ينخفض الضغط وبمجرد انخفاض الضغط بالقيمة الفرقية المعاير عليها مفتاح الضغط ، فإن الضاغط سيدور مرة أخرى للوصول للحد الأقصى المعاير عليه مفتاح الضغط وهكذا .

ويعتبر هذا النظام هو أرخص الأنظمة من حيث تكلفة الطاقة . وعادة فإن عدد مرات البدء والإيقاف للمحرك الكهربى (وسيلة إدارة الضاغط) يجب أن يكون محدودا لارتفاع تيار البدء للمحركات الكهربية مما يسبب فى ارتفاع درجة حراراتها . وينصح بأن تكون عدد مرات البدء لاتزيد عن 6 مرات فى الساعة .

٢ ـ التحكم بالتشغيل بدون حمل No - Load control

يسمح هذا النظام بدوران الضاغط حتى يصل الضغط فى خزان الهواء المضغوط للضغط المعاير عليه مفتاح الضغط بعدها يغلق صمام خط السحب للضاغط ، فيتوقف تدفق الهواء الجوى إلى داخل خط السحب للضاغط ،

وبالتالى يدور الضاغط بدون حمل ويكون حمل المحرك الكهربى فى هذا الحالة حوالى 30% : 20 من الحمل الكامل له . وعندما ينخفض الضغط فى الخزان بالقيمة الفرقية المعاير عليها مفتاح الضغط ؛ فإن صمام خط السحب سوف يفتح مرة أخرى ، وبهذه الطريقة يمكن التقليل من درجة حرارة المحرك الكهربى. (وسيلة إدارة الضاغط) وتصل عدد مرات فتح صمام السحب إلى 30 مرة فى الساعة بحد أقصى . وبهذا النظام يمكن تقليل سعة الضاغط الفعلية لتصبح 90% تقريباً من معدل الاستهلاك الكلى للأحمال مع تقليل القيمة الفرقية لمفتاح الضغط ، وهذا أوفر من حيث التكلفة المبدئية لصغر حجم الضاغط المستخدم .

٣ ـ التحكم المركب Combination Control (Flexomat)

وفى هذا النظام يتم تشغيل الضاغط بدون حمل عندوصول الضغط فى الخزان للحد الأقصى المعاير عليه مفتاح الضغط بشرط ألا تزيد فترة تشغيل الضاغط بدون حمل عن 10 دقائق بعدها يتوقف الضاغط ثم يدور مرة أخرى عند انخفاض الضغط فى الخزان بالقيمة الفرقية لمفتاح الضغط ، وينصح أن يكون عدد مرات بدء المحرك الكهربى لا تزيد عن 6 مرات فى الساعة ؛ بينما يصل عدد مرات فتح صمام السحب إلى 30 مرة فى الساعة بحد أقصى .

٤ ـ التحكم بتغير السرعة Variable Speed Control

يعتبر هذا النظام هو الأمثل للضواغط ذات الإزاحة الموجبة مثل الضواغط الترددية والريشية ، حيث يقوم هذا النظام بتقليل تيار البدء والفرملة للمحركات الكهربية المستخدمة فى إدارة الضواغط ، وذلك باستخدام بادئات اليكترونية ، وبالتالى يمكن بدء هذه المحركات بعدد مرات أكبر من 6 مرات فى الساعة .

٥ ـ التحكم فى مجموعة ضواغط Multi Set Control

يستخدم هذا النظام عندما يكون هناك تغيير كبير فى معدل استهلاك الهواء المضغوط أثناء ساعات اليوم فى المنشأة .

وفى هذا النظام تستخدم مجموعة من الضواغط الصغيرة ، ويتم التحكم فيها مركزياً ، فإذا كان عدد الضواغط المستخدمة 2 مثلاً فعند توقف ضاغط فإن معدل استهلاك القدرة الكهربية سوف ينخفض للنصف أو أقل بالإضافة إلى أن ذلك سوف يزيد من عمر الضاغطين . ويستخدم الميكروبروسيسور فى التحكم فى مجموعة الضواغط ، وذلك للوصول للوضع الأمثل فى التشغيل لتقليل استهلاك القدرة الكهربية ومساواة ساعات التشغيل لجميع الضواغط .

مثال ٣ :

بخصوص نظام التحكم الأمثل لضاغط المسبك (مثال ٢) فيلاحظ أن استهلاك المسبك من الهواء المضغوط يساوى 0.9 من سعة الضاغط الفعلية من الهواء الحر ، وهذا يشجع على استخدام نظام التحكم بدون حمل فى الضاغط لرفع عدد مرات البدء والإيقاف بحد أقصى 30 مرة فى الساعة .

٦ ـ ٢ اختيار أقطار مواسير الشبكة الهوائية :

هناك عاملان هامان عند اختيار أقطار المواسير المستخدمة فى الشبكة الهوائية وهما :

ـ سرعة التدفق : فيجب أن تكون أقل من 10 m /s لتجنب الضوضاء الشديدة عند النقاط ذات السرعات العالية (الصمامات) .

ـ الانخفاض فى الضغط نتيجة للاحتكاك : يجب ألا يزيد عن (0.1 : 0.2 bar) والشكل ٦ ـ ١ يستخدم فى تعيين القطر المناسب للخطوط الهوائية بدلالة معدل

التـدفق والانخفـاض المسـمـوح فى الضـغط ، نتيـجة للاحتكاك وطول الخط الهوائى ، وتستخدم المعادلة التقريبية التالية لتعيين المعادل K، والذى يمثل المحور الرأسى للمنحنى المبين بالشكل (٦ - ١).

$$k=1000 \frac{\Delta p(p+1)}{L}$$

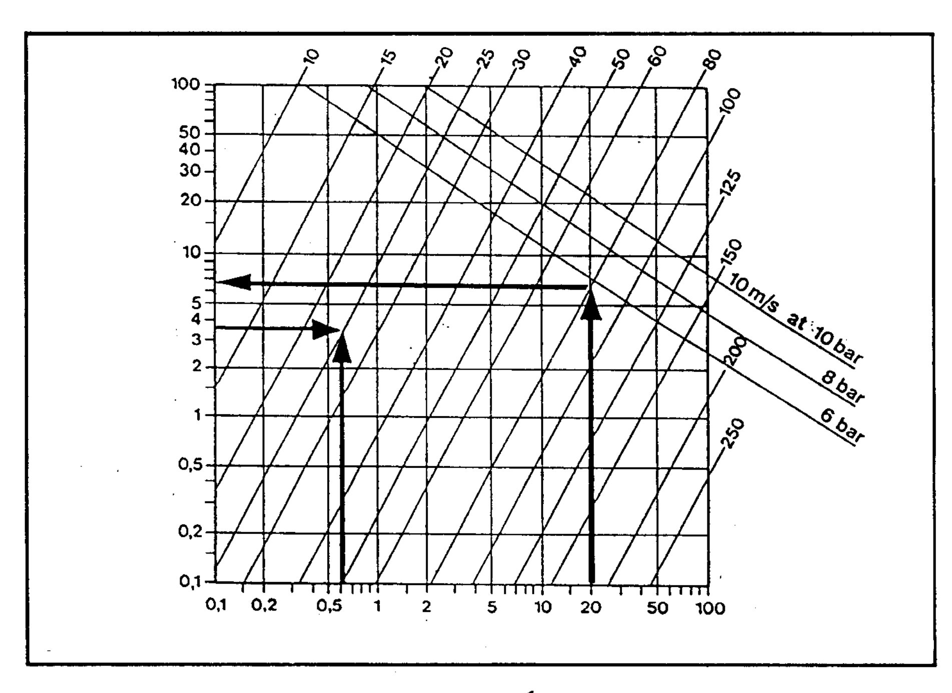
حيث إن :

الانخفاض فى الضغط نتيجة للاحتكاك بوحدة bar — ΔP

طول الخط الهوائى متضمناً الطول المكافئ للأدوات المستخدمة بالمتر — L

ضغط التشغيل المقاس (bar) . — P

علما بأن أعلى خطوط حدود الضغط 6, 8, 10, bar تكون سرعة تدفق الهواء المضغوط أكبر من 10m / s .



الشكل ٦ - ١

مثال ٤ :

احسب الانخفاض فى ضغط الهواء المضغوط المار فى خط هوائى طوله 150m وقطره 80 mm بمعدل تدفق $20m^3 / min$ ، وبضغط قياس مقداره 7 bar .

الإجابة :

من الشكل (٦ - ١) نجد أن العامل k يساوى 6.5 تقريباً

وحيث إن :

$$k = 1000 \frac{\Delta p (p+1)}{L}$$

لذا ينتج أن

$$\Delta p = \frac{6.5 \times 150}{1000 \times 8} = 0.12 \text{ bar}$$

مثال ٥ :

عين قطر الخط الهوائى المناسب الذى طوله 200m ، ويمر فيه الهواء مضغوط بمعدل $0.6m^3 / min$ عند ضغط مقاس 6 bar إذا كان الانخفاض فى الضغط المسموح به يساوى 0.1 bar .

الإجابة :

$$k = 1000 \frac{\Delta p (p+1)}{L}$$

$$= 1000 \times \frac{0.1 \times 7}{200} = 3.5$$

ومن الشكل ٦ ـ ١ عندتدفق 0.6 m3 / min ومعامل k يساوى 3.5 ينتج أن قطر الخط الهوائى المناسب يساوى 25 mm تقريباً .

والجدول ٦ ـ ١ يبين الطول المكافئ بوحدة m لأدوات التوصيل والصمامات اليدوية ذات الأقطار المختلفة والمصنوعة من الصلب .

الجدول ٦ ـ ١

الصمام أو أداة التوصيل	القطر (mm)								
	25	40	50	80	100	125	150	200	250
صمام بمقعدة Seat valve	6	10	15	25	30	50	60	85	110
صمام كروى ball valve	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5	5
كوع	1.5	2.5	3.5	5	7	10	15	18	25
انحناء بماسورة بحيث r = d	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5	3.4	4.8
انحناء بماسورة بحيث r = 2d	0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1.5	1.5	2	2.8
تيه	2	3	4	7	10	15	20	25	35
ومخفض قطر من 2d إلى d .	0.2	0.7	1.2	2.0	2.5	3.5	4.0	6	8

مثال ٦ :

عين القطر المناسب لخط الهواء الرئيسى لأحد المسابك إذا علمت أن :

طول الخط 300m ويحتوى على محبس كروى وعدد 10 كوع وعدد 5 تيه ، وكان ضغط التشغيل المقاس 8 bar عند درجة حرارة $30\,^{\circ}c$ وكان الضغط الجوى المطلق 1 bar ودرجة حرارة الوسط المحيط $20\,^{\circ}c$ ومعدل استهلاك الأحمال للهواء الحر 360 L/s .

الإجابة :

$$Vt = \frac{360x60}{1000} = 21.6.\ m^3 / min$$

فى البداية نحول معدل استهلاك الأحمال من وحدة L/S إلى وحدة m3 / min ويفرض أن الطول المكافئ للأدوات المستخدمة يكافئ 40% من طول الخط الهوائى لذا فإن الطول الكلى المكافئ يساوى L=300x1.4=420m ويفرض ان الانخفاض المسموح به فى الضغط نتيجة للاحتكاك يساوى 0.1 bar لذلك فإن

$$k = \frac{1000 \Delta p \ (p+1)}{L}$$

$$= \frac{1000 \times 0.1 \ (8+1)}{420} = 2.1$$

ومن المنحنى الموضح بالشكل ٦ ـ ١ نجد أن قطر الخط الهوائى عند تدفق 3.2m3 / min ومعامل 2.1 يساوى 100mm .

وللتأكد من أن هذا القطر مناسب نعيد الحسابات مرة أخرى فنعين الطول المكافئ للخط الهوائى ويساوى مجموع الطول الفعلى للخط مضافاً إليه الطول المكافئ للأدوات المستخدمة .

حيث يمكن تعيين الطول المكافئ للأدوات المستخدمة كما يلى :

العنصر	الطول المكافئ
عدد ١ محبس	1.5
عدد 10 كوع	10x7
عدد 5 تيه	5x10
الطول المكافئ	121. 5m

أى أن الطول المكافئ للخط الهوائى يساوى

$$L=300 + 121.5 = 421.5m$$

ويلاحظ أنه لا يوجد اختلاف يذكر بين الطول المكافئ للخط الهوائى الفعلى والمفروض سابقاً . لذلك فإن الفرض صحيح والحسابات صحيحة .

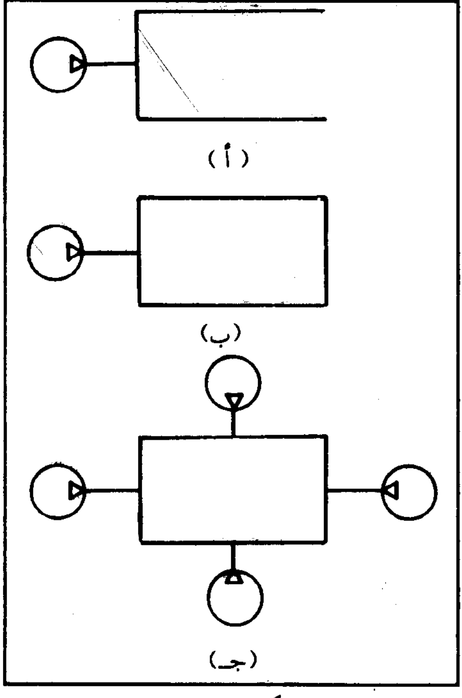
والجدير بالذكر أنه فى الشبكات الهوائية ذات المخارج المتعددة يفترض أن جميع الخطوط الفرعية الخاصة بالأحمال فى نهاية الخط الرئيسى وذلك لتقليل الحسابات اللازمة لتعيين القطر المناسب ؛ علماً بأنه من الممكن استخدام مخفضات أقطار فى الخطوط الرئيسية حيث يقل معدل التدفق فى الخط كلما اقتربنا من نهايته .

وفى الخطوط الهوائية الطويلة يمكن التقليل من فقد الضغط وتحقيق التوزيع المناسب لجميع الأحمال فى آن واحد باستخدام أحد الأنظمة المبينة بالشكل ٦ ـ ٢ وهم :

أ ـ النظام المركزى .

ب ـ النظام الحلقى المركزى .

ج ـ النظام الحلقى الغير المركزى .



الشكل ٦ ـ ٢

٦ ـ ٣ اختيار حجم الخزان المناسب

لتعيين حجم الخزان المناسب تستخدم المعادلة التقريبية التالية :

$$V_{tank} = \frac{3600\,\dot{V}c}{S\,\Delta\,p\,k}$$

حيث إن :

القيمة الفرقية لمفتاح الضغط	$\Delta\,p$
السعة الفعلية للضاغط L/S .	$\dot{V}c$
عدد مرات تشغيل الضاغط فى الساعة .	s
معامل يعتمد على دورة التشغيل .	k

ويمكن الحصول على العامل k بدلالة دورة التشغيل كنسبة مئوية وتساوى

$$E\,D\,\% = \frac{\text{الاستهلاك الكلى للأحمال}}{\text{السعة الفعلية للضاغط}} \times 100$$

وذلك من الجدول ٦ – ٢

الجدول ٦ ـ ٢

ED%	50	60	70	80	90
K %	4	4.17	4.76	6.25	11.1

مثال ٧ :

احسب حجم خزان الهواء المناسب لضاغط هوائى سعته الكلية 600 L/s عند ضغط التشغيل 7 bar ، إذا كان عدد مرات التشغيل يساوى 10 مرات فى

الساعة وكانت القيمة الفرقية لمفتاح الضغط 2 bar ؛ علماً بأن الاستهلاك الكلى للأحمال 480 L/S .

الإجابة :

$$ED\ \% = \frac{\text{الاستهلاك الكلي للأحمال}}{\text{السعة الكلية للضاغط}} \times 100$$

$$= \frac{480}{600} \times 100$$

$$= 80$$

ومن الجدول ٦-٢ نجد أن K = 6.25 .

وحيث إن

$$Vtank = \frac{3600\ \dot{V}c}{S\ \Delta P\ K}$$

لذلك فإن

$$= \frac{3600 \times 600}{10.2 \times 2 \times 6.25}$$

$$= 17280\ L$$

$$= \frac{17280}{1000} = 17.28\ m^3$$

٦-٤ المعادلات الخاصة بالأسطوانات الهوائية

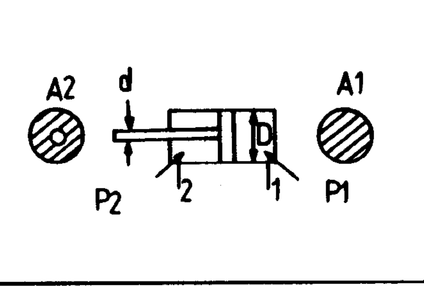
الجدول ٦-٣ يعرض الكميات المختلفة المستخدمة في الأسطوانات .

الجدول ٦-٣

الرمز	الوحدة	الكمية
V_1	L	حجم الهواء الجوي الحر في شوط الذهاب
V_2	L	حجم الهواء الجوي الحر في شوط العودة
D	mm	قطر المكبس

الرمز	الوحدة	الكمية
d	mm	قطر العمود
L	Cm	طول الشوط
F_1	N	قوة الدفع في الذهاب
F_2	N	قوة الدفع في العودة
FR	N	قوة الاحتكاك
FS	N	قوة دفع الياي (الأسطوانات الأحادية)
A_1	Cm^2	مساحة المكبس
A_2	Cm^2	المساحة الحلقية للمكبس
P_1	bar	الضغط الواقع على المكبس (مقاس)
P_2	bar	الضغط في غرفة عمود المكبس (مقاس)
N_1	Str/s	عدد أشواط الذهاب (شوط / ثانية)
N_2	Str/S	عدد أشواط العودة (شوط / ثانية)
$\dot{V}t$	LiS	معدل الاستهلاك الكلي

والشكل ٦-٣ يعرض الكميات المختلفة الخاصة بالأسطوانات الهوائية الثنائية الفعل .



الشكل ٦-٣

أولاً : المعادلات الخاصة بالأسطوانات الأحادية الفعل .

$$F1 = 9.8\,(P1\,A1 - FR - FS)\ (N)$$

$$A1 = \frac{\pi D^2}{400} \qquad (Cm^2)$$

$$V_1 = \frac{P_1 A_1 L}{1000} \quad L$$

$$\dot{V}t = N_1 V_1 \quad L/S$$

ثانياً : المعادلات الخاصة بالأسطوانات ثنائية الفعل .

$$F_1 = 9.8\,(P_1 A_1 - P_2 A_2 - FR) \quad (N)$$

$$F_2 = 9.8\,(P_2 A_2 - P_1 A_1 - FR) \quad (N)$$

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{400} \quad (Cm^2)$$

$$A_2 = \frac{\pi\,(D^2 - d^2)}{4} \quad (Cm^2)$$

$$V_1 = \frac{P_1 A_1 L}{1000} \quad (L)$$

$$V_2 = \frac{P_2 A_2 L}{1000} \quad (L)$$

$$\dot{V}t = N_1 V_1 + N_2 V_2 \quad (L/S)$$

مثال ٨ :

أسطـوانة هوائية قطر مكبسها 5 cm ، وقطر عـمودها 2 cm ، وطول شوطها 50 cm ، وضغط تشغيلها المقاس 6 bar المطلوب :

١ ـ حساب معدل استهلاك الهواء إذا علمت أن عدد الأشواط الفردية للأسطوانة في الثانية هو 6 أشواط .

٢ ـ قوة دفع الأسطوانة في شوط الذهاب والعودة .

$$V_1 = \frac{P_1 A_1 L}{1000}$$

$$= \frac{(6+1)\,\frac{\pi}{4} \times (5)^2 \times 50}{1000}$$

$$= 6.8\ L$$

$$V_2 = \frac{P_2 A_2 L}{1000}$$

$$= \frac{(6+1)\ \frac{\pi}{4}\ x\ (5^2 - 2^2)\ x\ 50}{1000}$$

$= s.8\ L$

$\dot{V}t = N_1\ V_1 + N_2\ V_2$

وحيث إن عدد الأشواط الفردية 6 .

لذلك فإن

$N_1 = N_2 = 3$

$\dot{V}t = 3 \times 6.8 + 3 \times 5.8 = 37.8\ L / S$.

$F_1 = 9.8\ (P_1\ A_1 - p_2\ A_2 - FR)$

وحيث إن الهواء الفائض يخرج للهواء الجوى لذلك فإن $P_2=0$ وبفرض أن قوة الاحتكاك تساوى 10 % من قوة الدفع .

لذلك فإن

$F_1 = 9.8\ (P_1\ A_1 - FR)$

$= 9.8\ (P_1\ A_1 - 0.1\ P_1\ A_1)$

$= 9.8\ 0.9 \times 6 \times \frac{\pi}{4} \times 5^2$

$= 1040\ N$

وعند العودة فإن

$F_2 = 9.8\ (P_2\ A_2 - P_1\ A_1 - FR)$

لذلك فإن

$P_1 = 0$

$F_2 = 9.8\ (P_2\ A_2 - 0.1\ P_2\ A_2)$

$= 9.8 \times 6 \times \frac{\pi}{4} \times (5^2 - 2^2)$

$= 873\ N$

ويمكن معرفة المواصفات الفنية للأسطوانات ثنائية الفعل ، والخاضعة للمواصفات العالمية Iso بدلالة قوة الذهاب F_1 (N) وقوة العودة F_2 (N) وطول المشوار L (mm) وذلك من الجدول ٦ ـ ٤ .

الجدول ٦ ـ ٤

المواصفات الفنية للأسطوانات الهوائية القياسية الثنائية الفعل

قطر مكبس الأسطوانة (mm)	F1 عند 6 bar(N)	F2 عند 6 bar(N)	حجم وصلات الأسطوانة	قلاووظ عمود المكبس	طول المشوار mm
8	24	16	M5	M4	1:100
10	40	32	M5	M4	1:100
12	55	38	M5	M6	1:200
16	104	87	M5	M6	1:200
20	170	140	G1/8	M8	1:300
25	267	220	G1/8	M10 x1.25	1:500
32	450	380	G1/8	M10 x 1.25	1:2000
40	710	590	G1/4	M12 x 1.25	1:2000
50	1130	940	G1/4	M16 x 1.5	1:2000
63	1800	1610	G3/8	M16 x 1.5	1:2000
80	2900	2610	G3/8	M20 x 1.5	1:2000
100	4550	4260	G1/2	M20 x 1.5	1:2000
125	7360	6880	G1/2	M27 x 2	1:2000
160	12060	11110	G3/4	M36 x 2	1:2000
200	18840	17890	G3/4	M36 x 2	1:2000
250	29450	28280	G1	M42 x 2	1:1100
320	48250	46380	G1	M48 x 2	1:1100

علماً بأن سرعة الأسطوانات الهوائية يجب ألا تتعدى 1000 mm / Sec ، والجدير بالذكر أن M تعنى أن القلاووظ مترى ، G تعنى أن القلاووظ إنجليزى ويمكن معرفة أحجام الأسنان المختلفة ومواصفاتها الفنية من الجدول ٦ ـ ٥ .

الجدول ٦ – ٥

المكافئ الإنجليزى	المكافئ المترى	عدد الأسنان بالبوصة	الخطوة (mm)	القطر الداخلى للقلاووظ (mm) .	القطر الخارجى للقلاووظ (mm) .
	M4		0.7	3.2:3.4	3.8:3.9
	M5		0.8	4.1:4.3	4.8:4.9
	M6		1.0	4.9:5.2	5.7:5.9
	M8		1.25	6.6:6.9	7.7:7.9
G1/8		28		8.5:8.8	9.5:9.7
	M10		1.5	8.4:8.7	9.7:9.9
	M12		1.75	10.1:10.4	11.6:11.9
G1/4		1.9		11.4:11.9	12.9:13.2
G3/8		19		14.9:15.4	16.4:16.7
G1/2		14		18.6:19.2	20.7:20.9
G3/4		14		24.1:24.7	26.2:26.4
G1		11		30.3:30.9	32.9:33.2

والجدول ٦ – ٦ يعطى قيم تقريبية لحجم وصلة الصمام ومعدل تدفقه من الهواء الحر بمعلومية قطر الأسطوانة .

الجدول ٦ – ٦

قطر مكبس الأسطوانة (mm)	حـجم وصلة الصـمـام	معدل التدفق L / min
تصل إلى 25	M5	105
25:50	G1/8	تصل إلى 180
50:100	G1/4	تصل إلى 1140
100:200	G1/2	تصل إلى 3000
200:320	G1 أو G3/4	تصل إلى 6000

مثال ٩ :

عين المواصفات الفنية لأسطوانة ثنائية الفعل طول مشوارها 600 mm وكان الحمل المعرض له عمود الأسطوانة عند الذهاب 1000 N .

الإجابة :

من الجـدول ٦ ـ ٤ نجـد أن قطر مكبس الأسطوانة 50 mm ، وقـوة دفع المكبس عند الذهاب 1130 N ، وعند العـودة 940 N عند ضـغط 6bar وحجم وصلات الأسطوانة G1/4 وقلاووظ عمود المكبس M 16 X1. 5 أى قطر القلاووظ الخارجى 16 mm وخطوة السنة 1.5 mm .

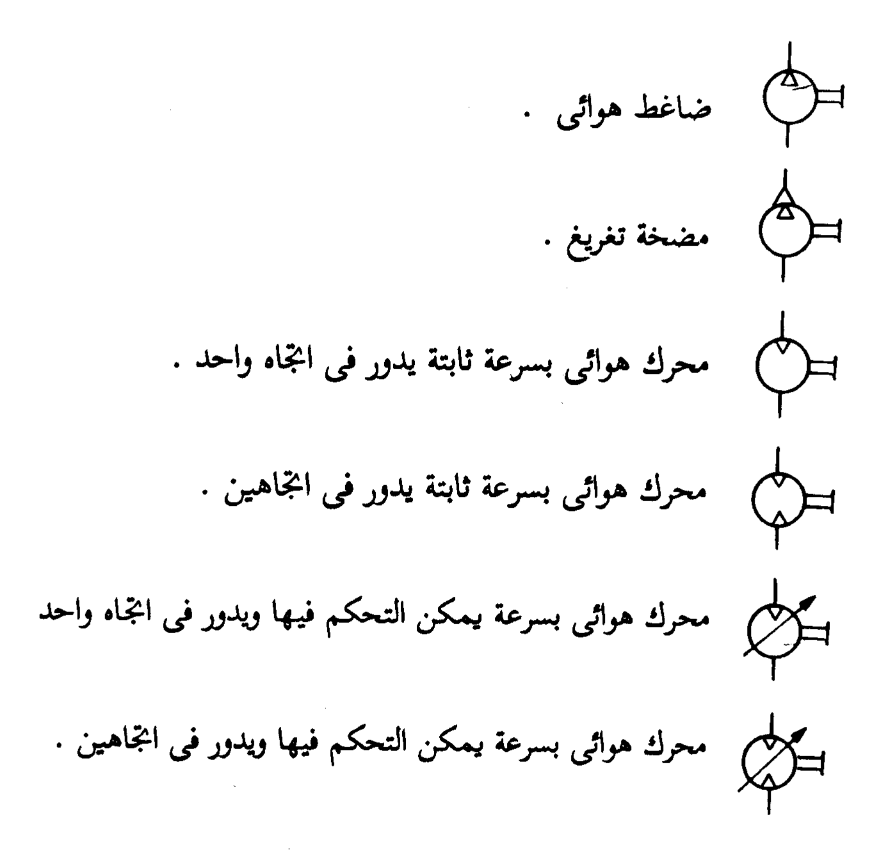
ملحق ـ ١ الوحدات المستخدمة فى النيوماتيك

الجدول التالى يعرض الكميات المختلفة ووحداتها المختلفة ومعامل التحويل من الوحدة الأولى إلى الوحدة الثانية :

الكمية	الوحدة الأولى	الرمز	الوحدة الثانية	الرمز	معامل التحويل
Pressure	Bar	Bar	Atmospher	atm	0,9869
Pressure	Bar	Bar	Kilogram force/ cm^2	kgf/ cm^2	1,0197
Pressure	Bar	Bar	Pound force/Sq. inch (psi)	Ibf/in^2	14,5053
Force	Kilogram force	Kgf	Newton	N	9,8066
Force	Kilogram force	Kgf	pound force	Ibf	2,2045
Weight	Kilogram	Kg	Gramme	g	1000
Weight	Kilogram	Kg	Pound	I b	2,2045
Viscosity	Centistoke	cSt	Engler degree	°E	
Temperature	centigrade	° C	Fahrenheit	° F	
Volume Displacement	Cubic centimetre ($10^{-6} m^3$)	cm^3	Liter	l	0,001
Volume Displacement	centimetre(10^{-4} m2)	cm^3	Cubic inch (ft^3/ 1728	in^3	0,0610
Length	centimetre(10^{-2} m)	cm	Inch (ft/12)	In	0,3937
Area (Section)	Square centimetre(10^{-4} m^2)	cm2	Square inch (ft^2/144)	in^2	0,1550
Capacity	Litre	1	Gallon, Uk	Uk gal	0.2199
Capacity	Litre	1	Gallon, Us	Us gal	0,2641
Angle	Degree	°	Radian	rad	0,0174
power	Kilowatt	kW	Horse Power	Hp	1,36
Momentum (torque)	Kilogram force meter	kgfm	Newton metre	Nm	9,8066
Momentum (torque)	Kilogram force meter	kgfm	pound force inch	Ibf In	86,7845
Angular Speed	Revolution per minute	Rpm	Radian per second	rad/ sec	0,1047
Flow	Liter per minute	L/min	Gallon (uk) per minute	(uk) GPM	0,2199
Flow	Liter per minute	L/min	Gallon (uk) per minute	(US) GPM	0,2641

ملحق ـ ٢ الرموز النيوماتيكية

أولاً : الضـواغط والمحركـات الهـوائيـة :



ضاغط هوائى .

مضخة تغريغ .

محرك هوائى بسرعة ثابتة يدور فى اتجاه واحد .

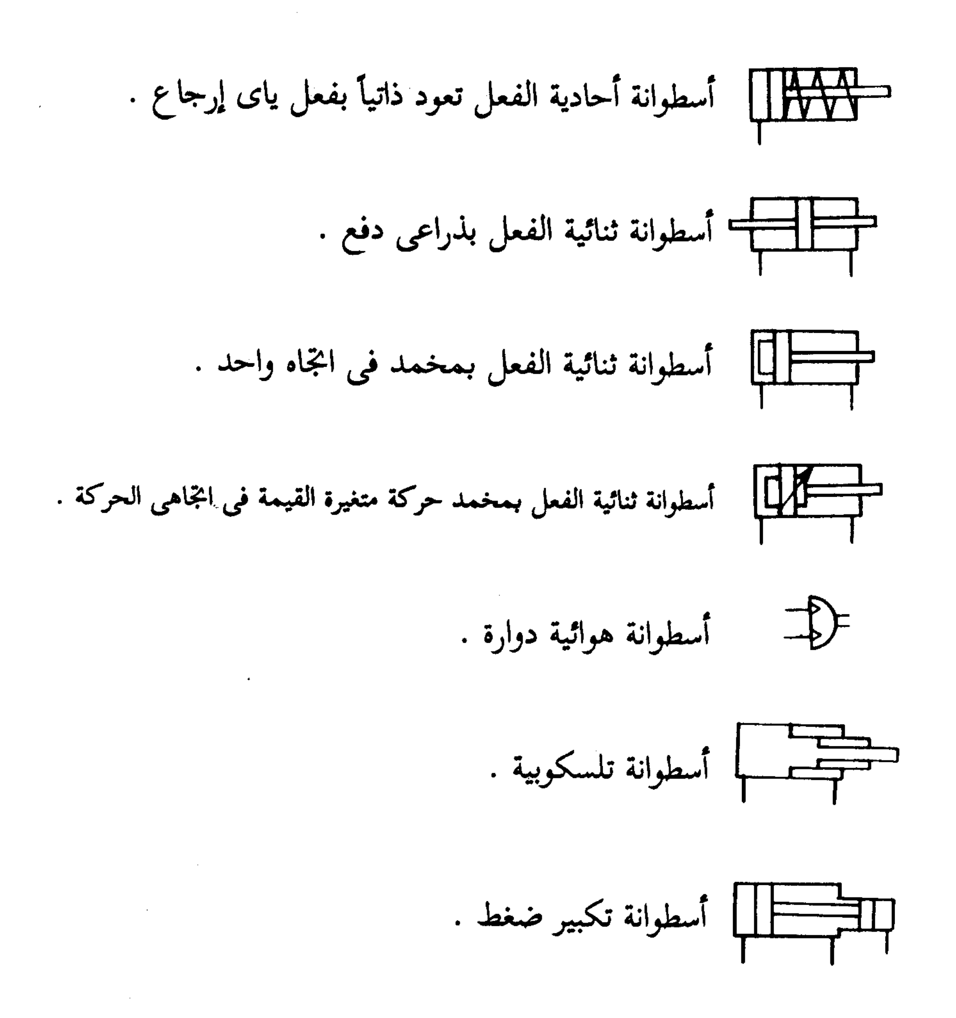
محرك هوائى بسرعة ثابتة يدور فى اتجاهين .

محرك هوائى بسرعة يمكن التحكم فيها ويدور فى اتجاه واحد

محرك هوائى بسرعة يمكن التحكم فيها ويدور فى اتجاهين .

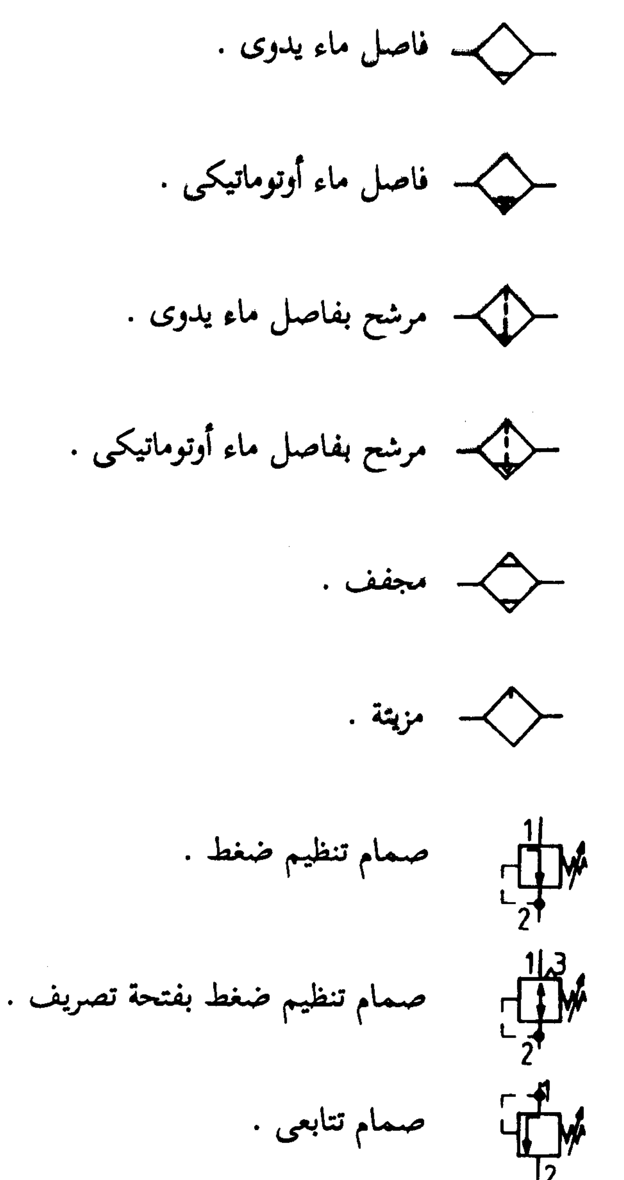
ثانياً : الأسطوانات الهوائية :

أسطوانة أحادية الفعل تعود ذاتياً بفعل حمل خارجى .



ثالثاً : عناصر ترشيح وتجفيف وتزييت والتحكم فى ضغط الهواء المضغوط

مرشح .


فاصل ماء يدوى .
فاصل ماء أوتوماتيكى .
مرشح بفاصل ماء يدوى .
مرشح بفاصل ماء أوتوماتيكى .
مجفف .
مزيتة .
صمام تنظيم ضغط .
1
2
صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف .
1
3
2
صمام تتابعى .
2
وحدة خدمة .

رابعاً : الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة :

صمام لارجعى حر .

صمام لارجعى بياى .

12 2 14 صمام ترددى (بوابة أو) .

1 2 3 صمام تصريف سريع .

صمام خانق قابل للمعايرة .

صمام خانق لارجعى .

خامساً : خطوط الضغط والوصلات الميكانيكية والهوائية :

مصدر ضغط .

عمود الإدارة .

وصلة ميكانيكية .

خط ضغط الهواء .

خط العادم.

خط التحكم .

وصلة هواء مرنة .

تقاطع خطوط ضغط بدون توصيل .

تقاطع خطوط هواء مضغوط مع التوصيل .

وصلة اختبار ضغط مغلقة .

وصلة اختبار ضغط موصلة مع خط عداد ضغط .

وصلة سريعة مفكوكة .

وصلة سريعة مجمعة .

سادساً : وسائل تشغيل الصمامات الاتجاهية :

ذراع تشغيل يعمل باليد .

ضاغط يعمل باليد .

بدال يعمل بالقدم .

خابور يعمل بالدفع بكامة متحركة .

بكرة تعمل بالدفع بكامة متحركة .

ياى إرجاع .

ملف كهربى .

ملف كهربى سابق التحكم .

ملف كهربى بوسيلة يدوية سابقة التحكم .

إشارة ضغط .

إشارة ضغط سابقة التحكم .

سابعاً : الصمامات الاتجاهية :

صمام اتجاهى 2/2 بضاغط وياى وبوضع ابتدائى مفتوح.

صمام اتجاهى 2/2 ببدال وياى وبوضع ابتدائى مغلق .

صمام اتجاهى 3/2 بإشارة ضغط وياى .

صمام اتجاهى 4/2 بإشارتى ضغط .

صمام اتجاهى 5/2 بإشارة ضغط وياى إرجاع (سابق التحكم) .

صمام اتجاهى 4/3 بإشارتى ضغط ويايى إرجاع (سابق التحكم)

ملحق ٣ المصطلحات الفنية النيوماتيكية

الضغط المطلق : ويساوى الضغط المقاس مضافاً إليه الضغط الجوى .	Absolute Pressure .
درجة الحرارة المطلقة : وتساوى درجة الحرارة المقاسة منسوبة إلى الصفر المطلق والذى يساوى 273°k .	Absolute Temperature ,
عنصر الفعل : وهو جهاز يقوم بتحويل طاقة الضغط لطاقة حركة مثل الأسطوانات الهوائية .	Actuator
مبرد الإعادة : ويقوم بتبريد الهواء المضغوط ويوضع عادة بعد الضاغط	After cooller
مجفف الهواء المضغوط .	Air dryer .
خزان الهواء : المضغوط الذى يمد الدائرة الهوائية بالهواء المضغوط .	Air reciever .
محرك هوائى .	Air motor .
صمام تصريف ذاتى للماء المتكاثف فى الأنظمة الهوائية .	Automatic drain valve .
تحكم ذاتى (أتوماتيكى) .	Automatic Control .
قانون بويل : وينص على أن حجم أى غاز جاف يتناسب عكسياً مع الضغط عند ثبات درجة الحرارة .	Boyle's Law.
ضبط أى جهاز قياس للحصول على قراءة صحيحة للكمية المقاسة .	Calibrate .
تدريج درجة الحرارة باعتبار أن نقطة تجمد الماء صفر ، ونقطة غليان الماء هى 100 وهذا التدريج مقسم إلى 100 قسم متساوية كل قسم يسمى درجة	Centigrade .

Charle's Law .	قانون تشارلز وينص على أن حجم الغاز الجاف يتناسب طردياً مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط .
Check Valve .	صمام لارجعى يسمح بمرور تدفق الهواء المضغوط فى اتجاه واحد فقط.
Compressed air .	ويطلق على الهواء الذى ضغطه أعلى من الضغط الجوى بالهواء المضغوط .
Compressor .	الضاغط : ويقوم برفع ضغط الغازات على سبيل المثال الضاغط الهوائى .
Condensation .	التكثيف وهو التغير من الحالة الغازية للحالة السائلة .
Dew Point .	درجة الحرارة التى عندها يكون الهواء مشبعاً تماماً ببخار الماء .
Directional Valve .	صمام اتجاهى : يستخدم فى التحكم فى اتجاه تدفق الهواء المضغوط .
Direct Pneumatic operation .	تشغيل مباشر بالهواء المضغوط .
Displacement Diagram .	مخطط الإزاحة .
Double acting cylinder .	أسطوانة ثنائية افعل تعطى قوة دفع فى شوطيها (الذهاب والعودة) .
Double acting cylinder with cushio-niog .	أسطوانة ثنائية الفعل بمخمد للحركة فى نهاية شوط الذهاب والعودة .

	الكفاءة وهى : النسبة بين القدرة الخارجة للقدرة الداخلة كنسبة مئوية.
Gravity Force	قوة الجاذبية الأرضية التي تجذب الأجسام لمركز الأرض .
Horsepower	وحدة قياس القدرة وتسمى : حصان ميكانيكي.
Humidity	الرطوبة وهى وزن بخار الماء في المتر المكعب من الهواء .
Idle return roller	البكرة الخاملة : وتستخدم لتشغيل الصمامات الاتجاهية وتعود لوضعها الطبيعي بمجرد الضغط عليها بجسم متحرك .
Indirect Pneumatic Operation	تشغيل نيوماتيكي مسبق .
Inter Cooler	مبرد بيني : ويقوم بتبريد الهواء المضغوط بين مراحل الضغط المختلفة للضواغط متعددة المراحل .
Kelvin Scale	تدريج كلفن : باعتبار أن نقطة تجمد الماء تساوي 273 ، ونقطة غليان الماء تساوي 373 وكل قسم يسمى درجة .
Kinetic Energy	طاقة الحركة .
Lever Operated	التشغيل بذراع تشغيل .
Logicgate	بوابة منطقية .
Lubricator	مزيت : يقوم بإضافة زيت للهواء المضغوط .
Manual Control	تحكم يدوي .
Mass Production	طريقة الإنتاج لعدد معين من شغلات متماثلة في فترة زمنية محددة .

Meter - In	تنظيم تدفق الهواء الداخل لعناصر الفعل.
Meter - Out	تنظيم تدفق الهـواء الخـارج من عناصـر الفعل .
Muffler (Silencer)	كاتم صوت يقوم بتقليل صوت الضوضاء الناجمة عن خروج الهواء الفائض .
Passage, Pneumatic	مسارات الهـواء المضغـوط داخل العناصر الهوائية .
Pilot Valve	صمام إشارة: يتحكم في صمام آخر رئيسى.
Pipe	ماسورة .
Piston Type Cylinder	أسطوانة عمـود مكبسـها له مسـاحة مقطع أقل من نصف مساحة مقطع المكبس .
Pneumatic	علم يدرس خواص الهواء المضغوط .
Pneumatic Control Panel	مجموعة من العناصر الهيدروليكية مثبتة داخل لوحة تحكم .
Pneumatic Counter	عداد هوائي .
Pneumatic Timer	مؤقت زمني هوائي .
Port	فتحة دخول أو خروج الهواء المضغوط في العناصر الهوائية .
Power	القدرة .
Pressure	الضغط .
Pressure Differential	فـرق الضـغط بين نقطتين في الدائرة الهوائية .
Pressure Seals	وسائل منع التسريب عند زيادة الضغط .
Pressure gauge	جهاز قياس الضغط .
Pressure Regulator Valve	صـمام تنظيم الضـغط للتحكم في ضـغط الدائرة .

Push Button	ضاغط تشغيل يعمل باليد عند الضغط عليه .
Prime Mover	مصدر القدرة الميكانيكية المستخدم لإدارة الضاغط الهوائي .
Quick Couplig	وصلة سريعة لربط خراطيم الهواء المضغوط المرنة معاً في لحظات .
Quick Exhaust Valve	صمام التصريف السريع ؛ ويستخدم لزيادة سرعة الأسطوانات .
Ram Type cylinder	أسطوانة لها عمود مكبس مساحة مقطعه أكبر من نصف مساحة المكبس .
Reciprocating Compressor	ضاغط ترددي .
Relief Valve (Safty Valve)	صمام تصريف الضغط الزائد (صمام أمان) .
Restrictor	صمام خانق ويقوم بتقليل معدل التدفق .
Roller Operated	التشغيل ببكرة تدفع بواسطة الأجسام المتحركة .
Rotaty Cylinder	أسطوانة دوارة وهذه الأسطوانة تعطي حركة زاوية لا تزيد عن 360° في الاتجاهين.
Service Life	الفترة الزمنية التي يعمل فيها العنصر الهوائي بعدها يصبح أداؤه غير مقبول .
Service Unit	وحدة الخدمة وتوضع عند الأحمال وتقوم بتجفيف وترشيح وتزييت الهواء المضغوط وكذلك تنظيم ضغطه .
Sequence Valve	صمام تتابعي يسمح بمرور الهواء المضغوط عند وصول ضغطه للضغط المعاير عليه الصمام .

Shuttle Valve	صـــمـــام ترددي وهو يكافئ بوابة أو المنطقية.
Shut Off Valve	محبس يدوي للفتح والغلق .
Stepper Sequencer	عناصر تحكم هوائية تستخدم للتحكم الذاتي في العمليات المتعاقبة الهوائية .
Single - acting Cylinder	أسطوانة أحادية الفعل تعطي قوة دفع في اتجاه الذهاب فقط .
Solenoid Operation	التشغيل بملف كهربي .
Spring Return	العودة بياي ميكانيكي .
Step Diagram	مخطط الإزاحة .
Surge	ارتفاع عابر للضغط .
VaCuum	انخفاض الضغط عن الضغط الجوي .
Vapour	بخار الماء .
Volume Plow Rate	حجم الهواء المار عند مقطع معين في الخط الهوائي في زمن معين بوحدة L/S .
Exhaust	العادم وهو الهواء الذي يخرج من الدائرة الهوائية للهواء الجوي .
Fahrenheit	تدريج قياس درجة الحرارة باعتبار أن نقطة تجمد الماء 32، ونقطة غليان الماء 212 مقسم إلى 180 قسماً متساوٍ وكل قسم يسمى درجة .
Feedback	التغذية المرتدة وهو نقل الطاقة من مخرج الجهازلمدخله .
Filter (Strainer)	مرشح يقوم بتنقية الهواء المضغوط من الأتربة العالقة به .
Filter With Water Separator	مرشح مزود بفاصل للماء العالق بالهواء.

Flow Control Valve	صمام يتحكم في معدل تدفق الهواء المضغوط .
Flow Meter	جهاز قياس معدل تدفق الموائع(غاز- سائل) .
Fluid	مائع وهو سائل أو غاز .
Force	القوة وتقوم بتغيير حالة الأجسام من السكون للحركة .
Free Flow	تدفق بدون أي معوقات وذلك بإهمال المؤثرات الخارجية مثل الاحتكاك .
Friction	هو احتكاك جسم بآخر على سبيل المثال احتكاك الغاز عند مروره داخل الأنابيب بالجدران الداخلية لها .
Friction Pressure Drop	هو مقدار النقص في ضغط الهواء المضغوط المتدفق في الأنابيب نتيجة للاحتكاك مع الجدران .
Gage Pressure	الضغط المقاس منسوباً للضغط الجوي .
Gasket	أحد أنواع موانع التسريب وتسمى بجوان ويوضع بين الأجسام الثابتة .

Refrences : المراجع

1 - Stewart, Horryl . Hydraulic and Pneumatic Power for Production . Newyork : Industrial Press.

2 - Compressd Air Hand book . Newyork : Compressed Air and gas Institute .

3 - Hydraulics and Pneumatics Magazine .

4 - Harry L. stewart . Pneumatics and Hydraulics . Newyork : Macmillan Publishing Co .

5 - Pneumatic hand book . England : Trade & Technical Press LTD.

6 - Werner Deppert / kurt stoll . Pnumatic application . Germany : Vogel - Verlag .

7 - Compressed Air pocket Guide . England : domnick hunter .

8 - J.P. Hasebrink , R. Kobler . Fundamentals of Pneumatic Contorl Engineering .

9 - H. Meixner / R. Kobler . Maintenance of Pneumatic equipment . Germany . Festo Didactic .

10- Introduction to pneumatics . Germany : Festo didactic .

11- Bruce E . Mc Cord . Designing Pneumatic Control CirCuits . Newyork : Marcel Dekker, Inc .

12- FluidPower . U.S.A : Navy training Publications Center .

13 - Werner Deppert / kurt stool . Pneumatic Control . Germany. Verlag .

14 - Frant Yeaple . Fluid Power Design Hand book . Newyork : Marcel Dekker, Inc .

15 - J . P . Hasebrink, R. kobler . Fundamental of Pnuematic Control Engineering . Germany Festo Didactic .